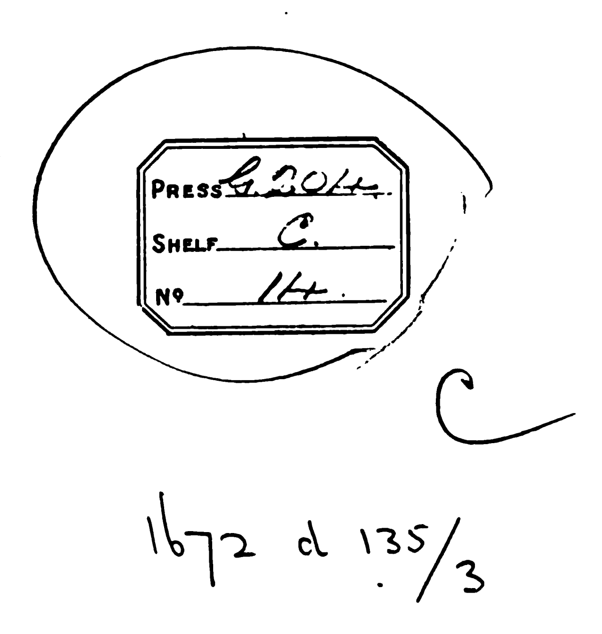

PRESS G. 204.
SHELF C.
Nº 14.







v. PETTENKOFER UND v. ZIEMSSEN'S

HANDBUCH DER HYGIENE.

I. THEIL.

2. ABTHEILUNG. 4. HEFT.

v. ZIEMSSEN'S HANDBUCH
DER
SPECIELLEN PATHOLOGIE UND THERAPIE.
ERSTER BAND.
Dritte umgearbeitete Auflage.

HANDBUCH DER HYGIENE
UND DER
GEWERBEKRANKHEITEN

BEARBEITET VON

DR. A. BAER IN BERLIN, BAURATH L. DEGEN IN REGENSBURG, PROF. DR. R. EMMERICH IN MÜNCHEN, PROF. DR. F. ERISMANN IN MOSKAU, PROF. DR. C. FLÜGGE IN BRESLAU, PROF. J. FORSTER IN AMSTERDAM, PROF. A. GEIGEL IN WÜRZBURG, PROF. A. HILGER IN ERLANGEN, PROF. L. HIRT IN BRESLAU, PROF. A. KUNKEL IN WÜRZBURG, DR. G. MERKEL IN NÜRNBERG, PROF. V. PETTENKOFER IN MÜNCHEN, PROF. DR. G. RECKNAGEL IN AUGSBURG, PROF. DR. F. RENK IN HALLE, DR. A. SCHUSTER IN MÜNCHEN, PROF. J. SOYKA IN PRAG UND PROF. DR. G. WOLFFHÜGEL IN GÖTTINGEN.

HERAUSGEGEBEN
VON
Prof. Dr. **M. v. PETTENKOFER** und Prof. Dr. **H. v. ZIEMSSEN.**

ERSTER THEIL.
2. ABTHEILUNG. 4. HEFT.

Die Wohnung

von

Prof. Dr. **R. Emmerich** und Prof. Dr. **G. Recknagel.**

LEIPZIG,
VERLAG VON F. C. W. VOGEL.
1894.

HANDBUCH DER HYGIENE

UND DER

GEWERBEKRANKHEITEN.

ERSTER THEIL.

INDIVIDUELLE HYGIENE.

2. ABTHEILUNG. 4. HEFT.

DIE WOHNUNG

VON

PROF. DR. R. EMMERICH IN MÜNCHEN UND PROF. DR. G. RECKNAGEL IN AUGSBURG.

MIT 262 ABBILDUNGEN IM TEXT.



LEIPZIG,
VERLAG VON F. C. W. VOGEL.
1894.

VORWORT.

Mit Rücksicht auf die Seuchengefahr hat jedes Mitglied einer Gemeinde ein materielles Interesse daran, nicht nur selbst gesund zu wohnen, sondern auch seinen Mitbürgern gesunde Wohnungen zu verschaffen.

Ausserdem hat eine Wohnung, in welcher sich der Mensch wohl und heimisch fühlt, einen sittlichen Werth, da sie zu einer geregelten Lebensweise, zur Erhöhung der Arbeitskraft und wohl auch zum Bewusstsein eines Antheils am Lebensglücke führen und beitragen kann.

Somit gehört, ebenso wie die Regelung der Schmutzbeseitigung, der Wasserversorgung, der Lebensmittelpolizei, auch die Fürsorge für gesunde Wohnungen zu den Aufgaben, welche von Allen als dringlich anerkannt, und deren Lösung von den zur Förderung des Gemeinwohles bestellten Organen unter Benutzung der jeweils von der Wissenschaft gebotenen Hülfsmittel angestrebt werden soll.

In diesem Buche wird versucht, wissenschaftliche Erfahrungen und daraus abgeleitete hygienische Grundsätze, welche bei Herstellung und Benutzung der Wohnung maassgebend sein sollen, so darzulegen und auf den besonderen Fall zu übertragen, dass sie unmittelbar als Richtschnur der praktischen Ausführung dienen können.

Aus einer vorurtheilsfreien Erwägung des Gegebenen wird man die Ueberzeugung gewinnen, dass die wichtigsten der angeregten Verbesserungen gegenüber dem althergebrachten Unzulänglichen einen erheblichen Mehraufwand von Kosten nicht verursachen.

In dem Abschnitte „Lüftung des Hauses“ konnte sowohl für die behaupteten Uebelstände, als für die Leistungsfähigkeit der vorgeschlagenen Einrichtungen der zahlenmässige Nachweis und die naturgesetzliche Begründung gegeben werden.

Vollständigkeit konnte bei dieser Art der Behandlung und der Fülle des Stoffes, der hier einbezogen werden kann, nicht erreicht werden. Jedoch dürften nur solche Hauseinrichtungen eine eingehendere Besprechung vorerst nicht gefunden haben, über deren Nothwendigkeit und Bedeutung keine Meinungsverschiedenheit besteht, und für welche zugleich die Technik bereits mustergültige Einrichtungen geschaffen hat.

August 1894.

Die Verfasser.

Inhaltsverzeichniss.

Der Bau des Wohnhauses

von

Prof. Dr. R. Emmerich.

SECHSTES CAPITEL.

SIEBENTES CAPITEL.

Lüftung des Hauses

von

Prof. Dr. G. Recknagel.

ERSTER THEIL.

ZWEITER THEIL.

DRITTER THEIL.

VIERTER THEIL.

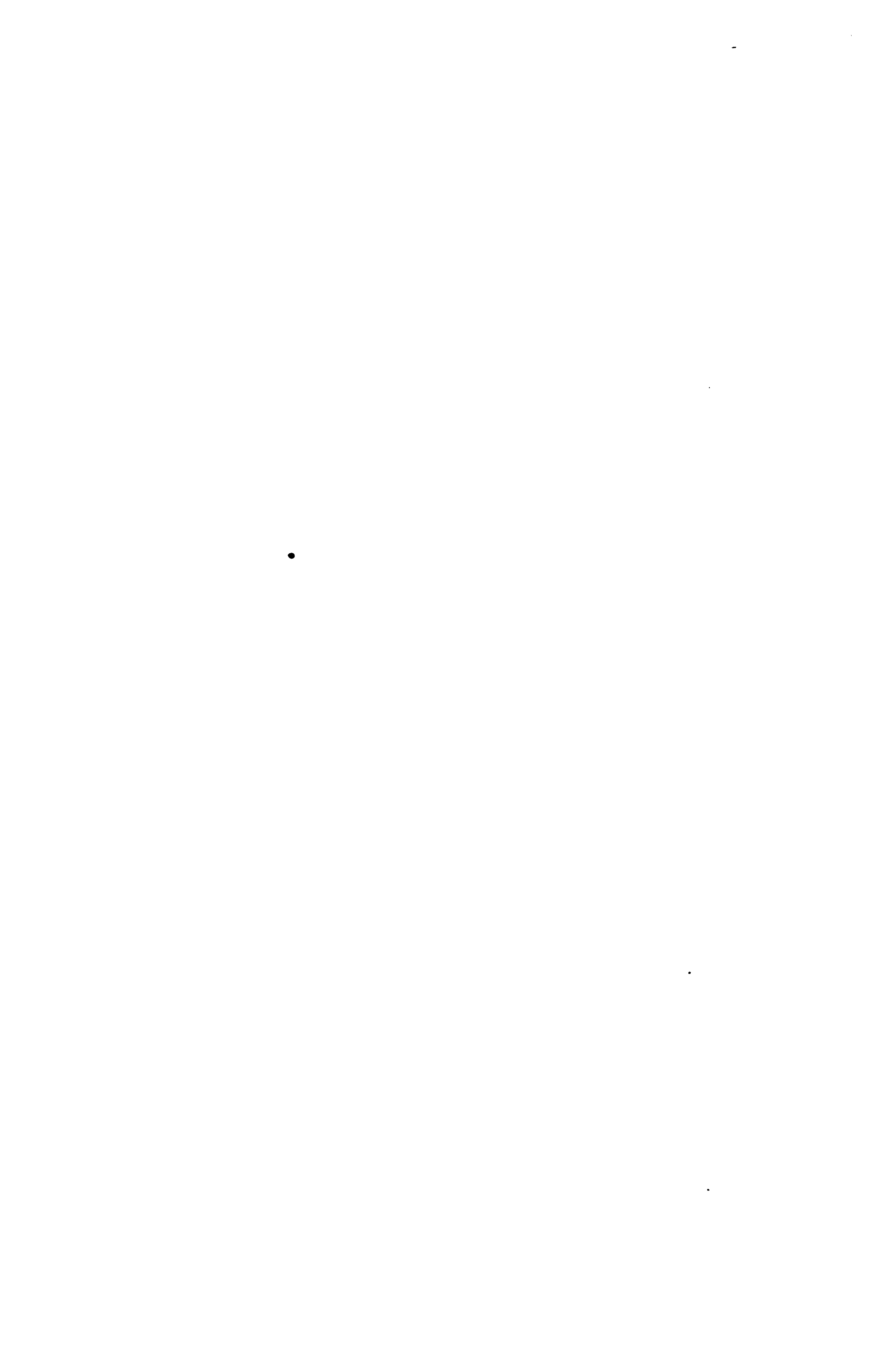
Berichtigung.

S. 514 ist zweimal statt des Bruches $\frac{k - 0{,}08\,p}{t\,p\,l}$ dessen reciproker Werth, nämlich: $\frac{t\,p\,l}{k - 0{,}08\,p}$ zu lesen.

DIE WOHNUNG

VON

Professor Dr. EMMERICH in München.



ERSTES KAPITEL.

Wahl des Bauplatzes.

Durch die hygienischen Vorarbeiten zum Hausbau soll festgestellt werden, ob es möglich ist, mit den vorhandenen Mitteln das Haus unabhängig von den schädlichen Einflüssen der natürlichen Umgebung zu machen und die Entwickelung von ectogenen Krankheitsbacterien in derselben zu verhüten.

Bei der Auswahl der Baustelle für Wohnhäuser ist daher nicht blos der Baugrund, sondern die ganze Umgebung desselben, soweit sie diesen beeinflusst und zwar in erster Linie die Terraingestaltung vom hygienisch-tektonischen Standpunkt aus in Betracht zu ziehen, d. h. unter Berücksichtigung des Aufbaues, der inneren Structur und Schichtung, sowie der Feuchtigkeits- und Grundwasser-Verhältnisse. Auf diese Untersuchungen gründet sich das Urtheil über die Möglichkeit und den Grad der Beeinflussung des Baugrundes und des Hauses

a) durch natürliche Bodenfeuchtigkeit und Grundwasser

b) durch Abwasser benachbarter schon vorhandener oder in Zukunft entstehender Gebäude,

und endlich ergibt sich aus diesen Ermittelungen

c) die natürliche Schutzfähigkeit des Bodens oder die Möglichkeit der Durchführung von technischen Maassnahmen gegen die Entwickelung von ectogenen Krankheitsbacterien in der Umgebung des Hauses.

Ein Bericht über das Resultat dieser technisch und hygienisch (beim Baue, bei Bauänderungen, Epidemieen u. s. w.) verwerthbaren Vorarbeiten, sollte mit dem Hausplan bei der Ortsbehörde deponirt werden.

I. Terraingestaltung.

Im Jahre 1854 hat v. Pettenkofer bei seinen Choleraunter-suchungen auf die bedeutsame Thatsache aufmerksam gemacht, dass bestimmte Formen der Bodenconfiguration die Entstehung

von Typhus- und Choleraepidemieen auffallend begünstigen und dass auf diesen Terrainformen die Epidemieen einen heftigeren Verlauf zeigen als bei anderen Bodenconfigurationen. Häuser, welche in Terrainvertiefungen (Mulden, Thalfurchen, Kesseln u. s. w.), an Gehängen (Steilrändern), oder bei stufenförmigem Terrain, auf den tieferen Gehängestufen liegen, disponiren sehr zu Typhus und Cholera, besonders wenn die umgebenden Terrainerhebungen bebaut und keine sicher wirkenden Entwässerungsanlagen vorhanden sind.

So zahlreich wie die von Cholera ergriffenen Städte sind die Beweise für diese Thatsache, und jede Cholerainvasion in Europa bringt neue hinzu. Als sehr instructive Beispiele der Disposition von

Fig. 1.



abhängigem und muldenförmigem Terrain für Cholera sollen die folgenden Fälle dienen. Dieselben sind einer grossen Zahl ähnlicher Beobachtungen entnommen, welche v. PETTENKOFER im Generalbericht über die Cholera des Jahres 1854 in Bayern [1]), zu einem überzeugenden Gesammtbild vereinigt hat.

Die Ripfelstrasse in einer Vorstadt Münchens liegt quer auf einer steil abfallenden Hochebene (Fig. 1). Die Strasse hat eine Reihe gut gebauter, von bemittelten Leuten bewohnter Häuser, deren Rückseiten mit Höfen, Abtrittsgruben und Brunnen gegen den ansteigenden Theil der Ebene sind, so dass sie den Untergrund und die Umgebung des Hauses imprägniren. Von diesen 15 Häusern blieb nicht eines von der Cholera

1) v. PETTENKOFER, Hauptbericht über die Choleraepidemie des Jahres 1854 im Königreiche Bayern. München 1857. S. 161 ff.

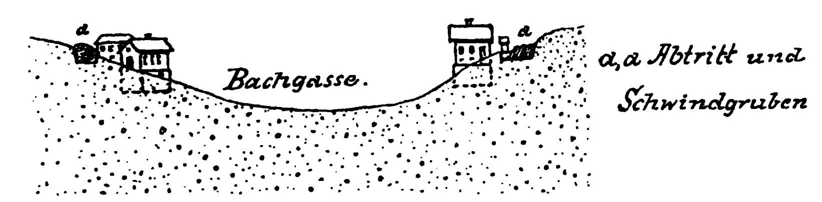
verschont. Der Untergrund derselben wurde auch noch durch die Drainage (versickernden Abwässer u. s. w.) der zahlreichen auf der Hügelkuppe gelegenen Wohn- und Oekonomiegebäude verunreinigt (Fig. 1).

Die Grube und die Greppe in München sind zwei tiefe Mulden, die sich in jeder Beziehung ähnlich scheinen.

In der Grube, wo mit Ausnahme eines einzigen alle Häuser ihre Abtritte und Düngerstätten gegen die Ränder der Mulde, mithin erhöht haben — blieb bei der Epidemie des Jahres 1854 nur dieses eine Haus verschont, welches keine derartige Situation hatte.

Im Beginn der Epidemie des Jahres 1873 beschloss der Magistrat die Grube, welche stets eine Prädilectionsstelle für Cholera war, zu evacuiren. Einige Jahre vorher war die Grube canalisirt worden und der Einfluss der Drainage auf die Trockenheit und Reinheit des Bodens war sehr auffallend. Als die Evacuationscommission die Einwohner versammelt und den Versuch gemacht hatte, sie von der Nothwendigkeit der Evacuirung zu überzeugen, erhob sich ein einfacher Taglöhner und erklärte, dass er und alle anderen die Grube nicht verlassen würden, weil dieselbe durch die Canalisation zu einem reinen Stadttheil geworden sei, der sich vor der Cholera nicht zu fürchten brauche. So war die wohlgemeinte Absicht der Commission vereitelt, ein einziges altes Mütterlein verliess die Grube und starb in den Evacuationsbarakken an Cholera. Rings um die Grube herrschte in den nicht canalisirten Strassen der Vorstadt die Seuche. Die Grube selbst aber blieb wirklich von der Cholera verschont.

Fig. 2.



In der Greppe, wo das Gefäll der Abtritte von den Häusern weggeht, haben wir eine nicht völlig geschlossene Mulde, welche auf einer Seite einen ergiebigen Abzug nach dem Brunnthale hat. In der Greppe trat die Cholera nur sehr vereinzelt auf.

Die Strasse, in welcher in Günzburg die Cholera am heftigsten wüthete, ist die in einem muldenförmigen früheren Bachbett verlaufende Bachgasse (Fig. 2). Die Häuser stehen auf den zu beiden Seiten ansteigenden früheren Ufern, und rückwärts, also höhergelegen befinden sich alle Dünger- und Schwindgruben, welche durch den Hausuntergrund drainiren (Fig. 2 a).

Der Gries (Fig. 3), die der Bachgasse zunächst gelegenen Strasse liegt auf convexem Terrain, die Abtritte und Schwindgruben (Fig. 3 a) befinden sich hinter den Häusern, also tiefergelegen als diese und drainiren in die beiden Arme des Günzbaches (Fig. 3 b). Alle übrigen Verhältnisse (Wohnungsdichtigkeit u. s. w.) sind im Gries und der Bachgasse

ganz gleich. In der Bachgasse herrschte die Cholera (1854) in jedem Hause — der Gries aber blieb von Cholera ganz verschont.

Diese Beweise für die Bedeutung der Terrainform, die sich ad infinitum vermehren liessen, mögen genügen; nur ein Experiment, welches keine Zweifel zulässt, soll noch angeführt werden[1]).

Während des Krimkrieges war das 79. Hochländerregiment längere Zeit in Barakken untergebracht, welche am tiefsten Theile des steilen Gehänges der Marinehöhen aufgeschlagen waren. Der Boden bestand aus sandigem Lehm und nahm nicht blos die reichlichen unterirdischen Wasserströmungen, sondern auch das Abwasser von den Marinehöhen und den auf den höheren Theilen des Abhanges stationirten Truppen auf. Das Regiment wurde durch Cholera und Intermittens heimgesucht bis es die Barakken verliess. Das 31. Regiment, welches dieselben unmittelbar darauf bezog, verlor binnen 3 Wochen 51 Mann an Cholera. In gleicher Weise wüthete die Seuche unter einer Artillerie-Abtheilung, mit welcher die vom 31. Regiment geräumten Barakken belegt wurden.

Fig. 3.



a, a Abtritt und Schwindgruben. b, b die beiden Arme des Günzbachs.

Inzwischen waren alle Wände und Ritzen gewaschen und getüncht, Desinfection und Reinigungsmassregeln ohne jeden Erfolg zur Durchführung gebracht worden.

Die Ursache der Choleraerkrankungen musste somit, darüber war kein Zweifel mehr, in dem Boden sein, auf welchem die Barakken standen. Auf Rawilsons Vorschlag wurde nun ein denkwürdiges Experiment gemacht, dessen Lehre, wollten sie die Menschen beachten, viel mehr vor dem Tod bewahren könnte, als dieser Krieg Menschenleben gekostet hat.

Die Barakken wurden abgebrochen und mit ihrem gesammten Inhalt auf eine Hügelkuppe transferirt, wo man sie genau so wieder aufbaute, wie sie unten gestanden hatten, indem man bis zum letzten Nagel das alte Material benutzte. Sie wurden auch von der gleichen Artillerie-Abtheilung wieder bezogen, welche sich hier, trotz der für das feind-

---

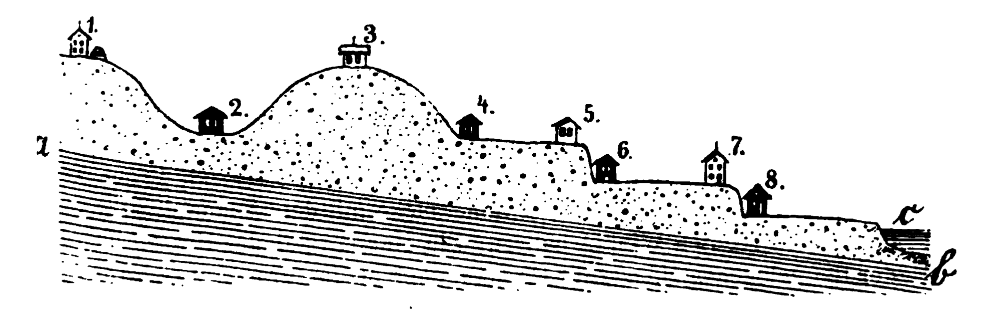
1) v. Pettenkofer, Ueber die Verbreitungsart der Cholera. Zeitschrift für Biologie. Bd. I. S. 357.

liche Feuer exponirten Lage wohler befand, und nunmehr, ebenso wie die späterhin in diesen Barakken untergebrachten Truppen von Cholera verschont blieb. Die Pfeile des apokalyptischen Reiters sind heute noch weit gefährlicher als die Kugeln der Krupp'schen Kanonen.

„Schlagender kann nichts sein als dieser Fall, der den Werth eines exacten Experimentes hat. All diese Menschenleben hätte man ersparen können, wenn man den Boden untersucht und verstanden hätte; man hätte dann den Platz gleich von vornherein vermieden.“ (v. PETTENKOFER.)

Durch die folgende Skizze (Fig. 4) pflegt v. PETTENKOFER in seinen Vorlesungen über Hygiene die häufiger vorkommenden suspecten Terrainformen zu demonstriren. a, b sei eine undurchlässige Schicht, auf welcher sich das Grundwasser sammelt und gegen den Fluss c hin bewegt. Darüber liegt hügel-, mulden- und stufenförmiges Terrain. Die Häuser 2, 4, 6 und 8 sind am ungünstigsten situirt.

Fig. 4.



Einmal empfangen sie die Drainage der höher gelegenen Gebäude, ihr Untergrund wird nicht nur durch das eigene Abwasser, sondern auch durch die versickernden Abfälle der ersteren verunreinigt. Die Verunreinigung der über dem Grundwasser ruhenden Erdschichten (in Folge schlechter Entwässerungsanlagen, Abort- und Schwindgruben u. s. w.) ist aber bei den Häusern 2, 4, 6, 8 an und für sich quantitativ eine viel bedeutendere, weil sich das versickernde Abwasser bei 1, 3 beziehungsweise auch bei 5 und 7 auf eine viel grössere Bodenmasse vertheilt. Die Nährlösung, welche die Poren der über dem Grundwasser liegenden Bodenschichten ausfüllt, wird also bei 4, 6 und 8 eine viel concentrirtere sein als unter 1 und 3.

Ein weiterer Factor, welcher die stärkere Verunreinigung des Bodens der tiefer gelegenen Quartiere mitbedingt, liegt darin, dass durch nassen Abtrag und natürliche Schlämmung bei den skizzirten Terrainformen eine Sonderung des Bodens nach gröberen und feineren mechanischen Partikeln stattfindet. Die feinsten Bodenpartikel, die

sogenannte Feinerde wird durch die atmosphärischen Niederschläge selbst bei ziemlich sanfter Steigung am weitesten nach abwärts geführt und dort am Fusse der Gehänge abgelagert, während die grösseren und schwereren Steine liegen bleiben, so dass der Hügel aus grobkörnigem Boden mit wenig Feinerde, die unteren Stellen aber aus feineren Elementen, besonders aus geschlämmten Thontheilchen und feinstem Sand bestehen. Gerade diesen feinen Bodenelementen aber, insbesondere den sogenannten zeolitischen Theilchen kommt das Vermögen zu in Wasser gelöste anorganische Verbindungen (phosphorsaure Salze u. s. w.) festzuhalten, zu absorbiren.

Der Untergrund der Häuser 2, 4, 6 und 8 beziehungsweise auch der von 5 und 7 wird also eine viel grössere Absorptionsfähigkeit für Salze besitzen, die zur Spaltpilzernährung nöthig sind. Auch die höhere Temperatur des Bodens der Abhänge, im Vergleich zum ebenen Lande wird in vielen Fällen von Bedeutung sein. WOLLNY hat durch Bestimmung der Bodentemperatur festgestellt, dass sich bei einem nach Süden exponirten Terrain der Boden während des Frühlings, Sommers und Herbstes um so stärker erwärmt, je stärker das Land gegen den Horizont geneigt ist. Auch SCHÜBLER fand, dass bei verschiedener Neigung des Erdreiches gegen das einfallende Sonnenlicht, die Erwärmung des Bodens um so grösser ist, je mehr sich der Winkel, welchen die Erdoberfläche mit dem Sonnenlicht bildet, einem rechten Winkel nähert. Ein Hauptgrund der Prädilection der tief gelegenen Häuser für Cholera liegt in der grösseren Bodenfeuchtigkeit, da die gesammte Drainage nach unten geht und der Abstand des Grundwassers von der Bodenoberfläche ein geringerer ist. Für diese Thatsache hat neuerdings WOLLNY [1]) auch experimentelle Beweise erbracht, indem er den Wassergehalt des Bodens an den höheren und tieferen Stellen verschieden geneigten Terrains bestimmte. Er führte die Untersuchungen bei Neigungswinkeln des Bodens von 0, 10, 16, 20, 30, 32 und 48° aus und kam zu dem Resultat, dass in dem ebenen Lande die Bodenfeuchtigkeit gleichmässiger vertheilt ist, als in dem geneigten, dass in letzterem der Wassergehalt des Erdreichs von oben nach unten zunimmt und dass die, in dieser Beziehung zwischen den höher und tiefer gelegenen Erdpartien bestehenden Differenzen, um so grösser sind, je stärker geneigt die Fläche ist.

Die Ursachen dieser Erscheinung sind darin zu suchen, dass die

1) Dr. E. WOLLNY, Untersuchungen über die Feuchtigkeits- und Temperaturverhältnisse des Bodens bei verschiedener Neigung des Terrains gegen den Horizont. Forschungen auf dem Gebiete der Agriculturphysik. IX. Bd. 1886. S. 1 ff.

Niederschläge in das ebene Land mehr oder weniger gleichmässig eindringen, während dieselben bei abhängigem Terrain zum Theil oberflächlich, und soweit sie in den Boden eingedrungen sind, auch theilweise unterirdisch den tiefer gelegenen Partieen zufliessen, wodurch die Erdschichten einerseits um so schneller entwässert werden, je höher ihre Lage und je steiler das Terrain ist, andererseits um so mehr Wasser zugeführt erhalten, je tiefer sie gelegen sind. In einem feuchten Boden verläuft aber die Zersetzung organischer Stoffe langsamer, als in einem trockenen; hier geht die Zerstörung rascher und mit überwiegender Oxydation vor sich, während sie in ersterem träge und bei überwiegender Reduction abläuft.

In den tieferen Terraintheilen findet somit eine grössere Ansammlung von organischen Stoffen statt. Ausserdem ist die Entfernung der Bodenoberfläche dieser Häuser vom Grundwasserspiegel viel geringer. Die Schwankungen des letzteren werden daher auf die in den Boden gelangenden Spaltpilze einen mächtigen Einfluss auszuüben vermögen. In trockenen Zeiten wird der durch den hydrostatischen Druck vermehrte stärkere Capillarstrom die Spaltpilze in grosser Zahl an der Bodenoberfläche ablagern.

In diesen letzteren Beziehungen ist die Lage der Gebäude 5 und 7 etwas günstiger als jene von 4, 6 und 8. Dieselben sind endlich auch noch dadurch vor den Häusern 4, 6 und 8 bevorzugt, dass der steile Uebergang von einer Terrainstufe zur anderen, die Lage der am Rande des Abfalles gelegenen Häuser zu einer relativ hohen macht und drainirend für dieselben wirkt, während sich diese wohlthätige Wirkung nicht auf die in gleicher Höhe aber weiter vom Abhange gelegenen Häuser 4, 6 und 8 erstrecken kann. (v. PETTENKOFER.)

Ein in jeder Beziehung zutreffendes Beispiel hierfür sind die Garten- und Königinstrasse in München. Die Häuser der ersteren, welche in ihrer Lage den Gebäuden 4, 6 und 8 entsprechen, sind nicht nur bei Typhus- und Choleraepidemieen, sondern auch in epidemiefreien Zeiten häufiger und schwerer von Infectionskrankheiten heimgesucht als die in den Häusern 5 und 7 entsprechend situirten Wohngebäude der Königinstrasse.

„Wir begegnen, sagt v. PETTENKOFER[1]), der Erscheinung sehr häufig, dass die Cholera sowohl in ihrer Entwickelungszeit zurückweicht, als auch an Intensität verliert, sobald wir uns einem Abhange oder selbst Bache nähern, welcher tief in das Erdreich ein-

---

1) v. PETTENKOFER, Hauptbericht u. s. w. S. 24.

schneidet, — wie wir umgekehrt oft an den Fuss eines Abhanges hingedrängte Häuser, oder diejenigen, welche in der Nähe von hochgelegenen und aufgedämmten Bächen stehen, auffallend heftig ergriffen sehen."

So wahr und zutreffend im Allgemeinen die Thatsache ist, dass die tiefer gelegenen Theile einer Stadt gewöhnlich ungünstiger situirt sind als die höhergelegenen, so ist doch auch gerade der umgekehrte Fall möglich.

Es können selbstverständlich auch in den höhergelegenen Theilen begrenzte Districte mit suspecter Terrainform vorhanden sein.

Bergabhänge u. dgl. stellen eben nur in den selteneren Fällen gleichmässig geneigte Ebenen dar.

Viel häufiger ist der Abhang durch muldenförmiges, stufenförmiges Terrain und andere suspecte Terrainformen unterbrochen und solche Bodengestaltungen können ebensowohl in den höheren als tieferen Theilen einer Terrainerhebung vorkommen.

Dementsprechend gibt es Städte, in welchen sich Typhus- und Choleraepidemieen ausschliesslich auf die hochgelegenen Stadttheile beschränken. Als ein Beispiel hierfür kann das Verhalten der Cholera in Gibraltar gelten.

Von dem mittleren Felsrücken, auf welchem ein Theil der Stadt steht, fällt eine Reihe von Terrassen und Abhängen. Der Untergrund der letzteren ist ein sehr poröser Primitivboden oder rothe Erde von ziemlicher Mächtigkeit. In den höchstgelegenen Theilen sind sehr schlecht construirte Wohnungen terrassenförmig übereinander gethürmt, nicht selten in der Weise, dass die gegen die Bergseite liegende Wand vom Berge selbst gebildet wird, der hier von sehr erdiger Beschaffenheit und oft nur mit Mörtel oder Brettern bedeckt ist. Unmittelbar oberhalb dieser Häuser schneiden zwei grosse Mulden in den Abhang des Felsens ein, welche die Drainage des Felsens sammeln und auf die erwähnten Häuser der oberen Stadt concentriren und ausgiessen. An dem Felsen, welcher die Rückwand dieser hochgelegenen Häuser bildet, rinnt das Wasser zeitweise herab, sie sind feuchter und dumpfer als die Casematten am Ufer des Meeres.

Von diesen Häusern blieb nicht eines im Jahre 1865 von der Cholera, die in Gibraltar nur in sehr nassen Jahren auftritt, verschont.

Aber auch die Krankheiten der feuchten Wohnungen (Morbus Brightii u. s. w.) herrschten hier Jahr aus Jahr ein.

Seitdem jedoch durch ein ortspolizeiliches Statut bestimmt wurde, dass alle Hauswände mindestens 2 Meter vom Felsen entfernt und mit guten Entwässerungsanlagen versehen sein müssen, sind neben

den feuchten und siechhaften, trockene und gesunde Quartiere entstanden, die beweisen, wie durch eine rationelle Anwendung epidemiologischer Forschungsresultate die Gefahren siechhafter Terrainformen beseitigt werden können.

Die Missstände, welche zur Disposition der an Steilränder u. dgl. angebauten Häuser beitragen, äussern auch in epidemiefreien Zeiten ihre verderblichen Wirkungen. v. PETTENKOFER pflegt dies in seinen Vorlesungen durch eine Reihe drastischer Fälle zu illustriren, von denen wir einen mittheilen.

Ein Geistlicher überschickte eine aus der Wand seines Schlafzimmers entnommene Mörtelprobe zur Untersuchung an das hygienische Institut, mit dem Bemerken, dass er an Gelenkrheumatismus erkrankt und 3 seiner Vorgänger in kurzer Folge im gleichen Hause an Morbus Brightii gestorben seien.

Der Wassergehalt dieses Mörtels war so hoch (14 Proc.), dass der die Untersuchung ausführende Assistent auf den Gedanken kam, der geistliche Herr hätte vielleicht, wie es vielfach Brauch ist, durch Besprengen der Wände mit Weihwasser, den Tod zu bannen gesucht. Er begab sich an Ort und Stelle und fand das Haus an einen Steilrand angebaut. Der Untergrund war sehr feucht, die Keller nass und die Wände trieften von Wasser. Das Haus wurde durch die reichliche Drainage von dem höheren Terrain her beständig feucht erhalten.

Das Vorkommen von Erkältungskrankheiten, Rheumatismus articulorum acutus und Morbus Brigthii in solchen Häusern ist längst bekannt.

Wie das einzelne Haus verhalten sich unter Umständen ganze Stadttheile.

Es ist darnach begreiflich, dass sich der Einfluss der höheren oder niederen Lage in Städten, welche auf Gehängen u. s. w. erbaut sind, nicht blos in den Mortalitätsziffern der zymotischen Krankheiten, sondern auch in epidemiefreien Zeiten in der Gesammtsterblichkeit deutlich ausspricht. In Neapel z. B. verhält sich nach DR. SPATUZZI die Sterblichkeit in den höheren und niederen Theilen der am Bergabhange gelegenen östlichen Stadt folgendermassen:

Hochgelegene östliche Stadtbezirke	Mittlere jährliche Sterblichkeit pro 1000 Einw.	Niedriggelegene östliche Stadtbezirke	Mittlere jährliche Sterblichkeit pro 1000 Einw.
1. S. Carlo all' Arena	30,30	1. Porto	34,31
2. Stella	28,27	2. Pendino	32,95
3. Avvocata	27,78	3. Mercato	32,95
4. Monte calvario . .	27,21	4. Vicaria	32,02
5. S. Ferdinando . .	21,80	5. S. Lorenzo . . .	32,36

Die tieferen Stadttheile sind zwar in der Regel von den ärmeren Leuten bewohnt. Aber für Neapel und viele andere Städte trifft dies nicht zu. Ist es umgekehrt, d. h. wohnen die Reichen unten, die Armen oben, dann zeigt es sich, dass sich Gelbfieber, Cholera und Typhus um Geld und Wohlhabenheit nicht kümmern. Im Jahre 1821 herrschte in Barcelonette eine mörderische Gelbfieberepidemie unter der Aristokratie der Hafenquartiere, während das in den höher gelegenen Strassen wohnende Proletariat verschont blieb.[1])

Die Berücksichtigung der Terrainform ist nicht blos bei der Anlage von Ortschaften und einzelnen Gebäuden, sondern insbesondere auch bei den Stadterweiterungen von solcher Wichtigkeit, dass man selbst das aus anderen Gründen wünschenswerthe Project einer [illegible] des [illegible] Kerns aufgeben muss, selbst wenn so gewichtige Interessen wie die der Communication, des Handels und der [illegible] darunter [illegible]. Gerade die letztere ist von derartigem Terrain [illegible] u. s. w., der Drainageverhältnisse und der [illegible] Bebauung mit [illegible] wegen auszuschliessen. Auf [illegible] Terrain vermag das Fabrikabwasser [illegible] und Brunnenwasser [illegible] weit zu verunreinigen.[2]) Bei [illegible] Gründen [illegible] am ehesten die Bebauung mit Villen zulässig [illegible] unterbrochenes Terrain gewisse Vorzüge besitzt.

[illegible] Anlage von Stadttheilen auf suspecten Terrainformen [illegible] die Bewohner derselben geschädigt, ein solcher [illegible] einer Pulvermine vergleichbar, die so oft irgendwo [illegible] indische Funke zündet, die ganze Stadt beunruhigt [illegible] bringt.

[illegible] schaft solche Districte, dann sind in denselben be[illegible] und modificirte Entwässerungsanlagen nothwendig [illegible] als die Hausentwässerung sind einer strengeren [illegible] unterstellen.

[illegible] des amtlichen Arztes oder des medicinischen Bei[illegible] commissionen auf diese hygienische Forderung auf[illegible] wachen und ihre Bedeutung in der angedeuteten Rich[illegible] begründen. Dem Ingenieur und Architekten fällt es schwerer, [illegible] das diesbezügliche gesammte wissenschaftliche Material zu [illegible] um so mehr, als die v. PETTENKOFER'schen Beobachtungen

1) [illegible], Das gelbe Fieber in Ziemssen's Handb. d. Pathol. u. Therapie. [illegible] 2) Beispiele solcher Art in: I. u. II., III. u. IV. Jahresbericht [illegible] Untersuchungsstation des k. hyg. Institutes. München. M. Rieger'sche Universitätsbuchhandlung.

in sehr zahlreichen Abhandlungen zerstreut sind. Darin wird auch der Grund liegen, weshalb in dem vortrefflichen Buche von BAUMEISTER über Stadterweiterungen und in den Vorträgen und Debatten auf der XII. Versammlung des deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege über das gleiche Thema diese wichtigste aller Forderungen der Bauhygiene auch nicht mit einem Worte Erwähnung gefunden hat.

Es kann wohl ausnahmsweise Combinationen von Umständen geben, welche die Bebauung an und für sich ungeeigneten Terrains nothwendig erscheinen lassen, aber die Schädigungen der Grundbesitzer, Expropriationsverhältnisse und dergleichen Gründe sollten niemals bestimmend sein, weil dieselben in gar keinem Verhältniss stehen zu dem Schaden des unter Umständen Jahre lang dauernden sanitären und wirthschaftlichen Ruins einer Stadt.

Durch die letzte Choleraepidemie hat man in vielen Städten diese Thatsachen zu würdigen gelernt. In Neapel wurden viele der siechhaften Stadtdistricte niedergerissen und auf gesundem Terrain mit grossen Kosten neu erbaut, deren Anlage sich aber rentiren wird.

Die obigen Beobachtungen v. PETTENKOFER'S, in rein wissenschaftlichem Interesse durchgeführt, sind, wie gezeigt wurde, zur Grundlage einer wirksamen Prophylaxe gegen Epidemien geworden. „Der gute Fortgang in allen Wissenschaften, hat eben, wie PETER FRANK sagt, seinen Einfluss bis auf den letzten Winkel eines Privathauses, wenn nicht alte Gerechtigkeiten und Vorurtheile, die grösser sind, als die Gebäude, welche man aufzuführen hat, im Wege stehen".

II. Tektonik und Grundwasserverhältnisse des Baugrundes.

Ausser der Terrainform ist bei der Wahl des Baugrundes die Terraintektonik, d. h. die Art und Mächtigkeit und der Verlauf der Schichten, die Struktur, Porosität des Bodens, sein Verhalten zu Luft, Wasser und Wärme (Drainage und Grundwasserverhältnisse), die mechanische, physikalische und chemische Beschaffenheit (das Resultat der mechanischen Analyse und die daraus resultirende Absorptionsfähigkeit für Salze, der Grad der Verunreinigung mit organischen als Spaltpilznahrung geeigneten Stoffen) zu beachten. Diese Verhältnisse und ihre vielartigen Wechselbeziehungen bedürfen einer ausführlichen Erörterung, welche sie in Band I, 3, Boden, dieses Handbuches gefunden haben.

Bei dem noch mangelnden Verständniss für die Bedeutung und den praktischen Werth dieser Untersuchungen werden dieselben von den einzelnen Bauunternehmern nur selten veranlasst werden.

Die Beschaffung dieses für das Wohl der Städte und Ortschaften so wichtigen Untersuchungsmaterials, welches zugleich die Grundlage aller Asanirungsbestrebungen bilden muss, ist daher auf anderem Wege zu erstreben.

Dies wäre leicht mit Hilfe der von Staatswegen unternommenen geologischen Landeskartirung möglich, wenn der Staat den mit diesen Untersuchungen betrauten Geologen, nicht nur Agronomen, wie dies neuerdings in Preussen geschehen ist, sondern auch Hygieniker und Ingenieure beigeben würde.

Die geologischen Karten sind in einem für hygienische Zwecke zu geringem Massstab gehalten, so dass z. B. ein 2 Km. breites Thal auf der Karte nur 2 Mm. breit erscheint. Wenn in einem solchen Thale 3 oder 4 verschiedene Bodenbedeckungen neben einander liegen, so ist dieses für den Hygieniker so wichtige Detail auf der Karte nicht ersichtlich.

Die Interessen des Geologen sind denen des Hygienikers und Agronomen, man kann fast sagen, diametral entgegengesetzt, während sich die für die Landwirtschaft wichtigen Fragen mit den Aufgaben der Hygiene ziemlich decken und leicht vereinigen lassen. Der Geologe sucht sich beispielsweise über die bedeckten Formationen und die fossile Flora und Fauna derselben zu orientiren, während ihm die Varietäten der Bodenbedeckungen, welche den Hygieniker und Agronomen interessiren, irrelevant sind.

Den gemeinsamen Bestrebungen der Vereine deutscher Hygieniker, Architekten, Ingenieure und Agronomen würde es sicherlich gelingen, wenigstens für die geologische Kartirung des Untergrundes und der Umgebung von Städten und Ortschaften, die Zuziehung eines Vertreters dieser Disciplinen zu erzielen, da die Ausführung von Kartirungen in grösserem Massstab für das praktische Bau- und Ingenieurwesen, für Hygiene und Landwirtschaft von grossem Werthe wäre.

Der Hygieniker wird hierbei insbesondere den horizontalen und verticalen Wechsel und die Mächtigkeit der Schichten registriren, eventuell in Städten die mechanische und chemische Analyse u. s. w. beifügen und vor allem die Grundwasserverhältnisse beachten. Solange solche Karten nicht zur Verfügung stehen, ist man beim Hausbaue darauf angewiesen die Aufschlüsse über die Tektonik und die Wasserverhältnisse des Bodens durch Bohrungen[1]) zu beschaffen, die sogar aus Sparsamkeitsrücksichten zu empfehlen

1) Ueber Ausführung und Erdbohrer siehe die klare Darstellung von MENZEL und SCHWATLO, Der Steinbau. Leipzig 1879. Verlag von Knapp. S. 111 ff.

sind, da sie Calamitäten mancherlei Art bei der Ausführung des Baues verhüten. Zur Orientirung über die Grundwasserverhältnisse sollten in jeder wachsenden Stadt wöchentliche oder mindestens monatliche Grundwassermessungen, deren grosse praktische Bedeutung durch die Interessen der Hygiene und Bautechnik noch nicht erschöpft ist, ausgeführt werden. Auf Zahlen wird man immer sicherer bauen können als auf die Ortserfahrungen von Architekten und Brunnenmachern. Jeder Architekt wird sich über die Bodenverhältnisse seines Wirkungskreises zu orientiren suchen. Wenn Bohrungen nicht angängig sind, wird man zu anderen Zwecken gemachte Aufgrabungen, Sandgruben, Eisenbahn-Einschnitte, Keller- und Brunnengrabungen zur Orientirung benutzen.

Bei bestimmten gut charakterisirten Terraintypen lassen sich an der Hand wohlfundirter geologischer Erfahrungsthatsachen ziemlich sichere Anhaltspunkte über die wahrscheinlichen Untergrundsverhältnisse im Allgemeinen gewinnen. Dies ist z. B. bei den verschiedenen Thaltypen (Synclinal-, Anticlinal-, Isoclinal-Thal, Senkungs- und Erosionsthal) der Fall. Bei Synclinal-, Senkungs- und Erosionsthälern besitzt der Verwitterungsboden (Ur- oder Primitivboden oder sedentärer Boden) aus naheliegenden Gründen an beiden Thalgehängen in der Regel die gleiche chemische und physikalische Beschaffenheit und auch die Wasserverhältnisse sind beiderseits die gleichen. Bei Anticlinalthälern ist die sedentäre Bodendecke auf verschiedenen Höhestufen eines und desselben Gehänges streifenweise verschieden und die Verschiedenheiten entsprechen sich an den beiden gegenüberliegenden Gehängen. Bei Scheide- oder Isoclinalthälern ist der Boden des einen Abhanges wesentlich verschieden von dem des entgegengesetzten. Ebenso lassen sich für Thalgründe aus der Neigung des Thales und dem Charakter des Wasserlaufes (schnellfliessendes erodirendes oder serpentinirendes Gewässer) u. s. w. Anhaltspunkte über die Bodenbeschaffenheit gewinnen, und auch für die verschiedenen Arten der Ebenen gibt es allgemeine geologische Gesichtspunkte nach denen die Bodenbeschaffenheit, Schichtenlagerung u. s. w. aus der einfachen Betrachtung des Terrains erschlossen werden kann.

Die Kenntnisse der einschlägigen Gebiete der Geologie und insbesondere der Beziehung des geologischen Baues zu Grund und Boden ist daher die unentbehrliche Grundlage der hygienischen Terrainuntersuchung.[1])

[1]) Von diesbezüglichen geologischen Lehrbüchern kann besonders empfohlen werden: Die geologischen Verhältnisse von Grund und Boden für die Bedürfnisse

Namentlich durch die epidemiologischen Beobachtungen v. Pettenkofer's wurde festgestellt, dass nicht blos bestimmte Terrainformen, sondern auch gewisse Bodenarten die Entstehung von einigen Infectionskrankheiten begünstigen.

Ein schwer verwitternder und nicht zerklüfteter Fels, z. B. Granit, compakter Kalk, ist ein für Typhus und Cholera immuner und überhaupt sehr gesunder Baugrund. Solches Terrain setzt aber der Ausführung der nothwendigen Hausentwässerungs- und Canalisationsanlagen, der Bepflanzung u. s. w. technische Schwierigkeiten entgegen, die den Bau vertheuern.

Sehr zu beachten ist, dass nicht jeder Boden, welchen man im gewöhnlichen Sprachgebrauch als Fels bezeichnet, als gesunder Baugrund zu betrachten ist, sondern nur compakter Fels. Es kommt wesentlich auf die Porosität des Gesteins an.

Viele Felsen verdienen diesen Namen im hygienischen Sinne nicht, wie z. B. der Fels von Malta, den man sägen und schneiden kann und der sogar als Wasserfilter benutzt wird.

Sehr porös sind auch gewisse Kalksteinfelsen, z. B. Muschelkalkarten, auf denen jüngst in Jeddo die Cholera epidemisch auftrat.

Wenn solcher Kalk, in welchem das Capillarwasser zu beträchtlicher Höhe steigt, eine Lehmunterlage besitzt, so herrscht gewöhnlich Malaria endemisch. Viele ausgedehnte Malariadistricte Amerikas haben diese Beschaffenheit.

Das häufige Vorkommen von Sümpfen auf solchem Terrain erklärt sich aus denselben Gründen wie die Moorbildungen im Gerölle mit Thonunterlage.

Wenn compakter Fels in etwa 3 Meter starker geschlossener Schicht ansteht, so ist er auch in technischer Beziehung als Baugrund geeignet. Die Felsschicht muss aber immer in ihrem ganzen Verlauf genau untersucht werden. Kalksteinfelsen enthalten oft Höhlungen, die in technischer und hygienischer Beziehung Missstände herbeiführen. Dieselben werden am besten mit Beton ausgefüllt.

Bevor mit dem Fundamentbau begonnen wird ist natürlich verwittertes Gestein zu entfernen.

Spatuzzi [1]) konnte nachweisen, dass viele heftige local begrenzte Choleraausbrüche im Jahre 1873 in Neapel auf das Vorhandensein von mächtigen Tuffsteinhöhlungen zurückzuführen waren. Diese unter-

---

der Land- und Forstwirthe von Dr. Jos. Ritter Lorenz von Liburnau. Wien 1883. Verlag von Wilh. Braumuller.

1) A. Spatuzzi, La costituzione sanitaria di Napoli dal 1873 al 1878. Napoli 1879.

irdischen Höhlen unter den Häusern nahmen nicht nur alle Schmutzwasser derselben, sondern auch die Excremente und das Regenwasser auf. SPATUZZI fiel es auf, dass Häuser, welche in scheinbar bestem Zustande waren, von Cholera ergriffen wurden, während daneben liegende sehr schmutzige Häuser verschont blieben. Bei genauer Untersuchung fanden sich unter den ersteren Tuffhöhlen, die als Schwindgruben functionirten, während sie unter den letzteren fehlten. Das Gefängniss San Maria Apparente, welches ein Typhus- und Choleraherd war, blieb von beiden Krankheiten verschont, nachdem man dem Schmutzwasser der unter dem Hause befindlichen Tuffhöhle durch Drainirung Abfluss verschafft und Hausdrainage eingeführt hatte.

Der reine Thon besitzt eine hohe wasserfassende Kraft, sowie Capillarität und grosses Condensationsvermögen für Wasserdampf, er ist undurchlässig, trocknet schwer aus und gibt das Wasser, welches er bis zur Sättigung aufnimmt, wieder leicht an darüberliegende Bodenschichten ab, so dass er diese oder die in solchen Lehmboden gebauten Häuser beständig feucht erhält, wie ein in porösem Boden aufgedämmter Bach.

Die weit verbreitete Anschauung, als sei Lehm- oder Thonboden ein für ectogene Infectionskrankheiten immuner Grund, ist dem Gesagten zu Folge unrichtig und beruht offenbar auf Missverständnissen.

Während nämlich der reine nasse Lehm die Entstehung von Infectionskrankheiten begünstigt, stellen die trockenen Thonarten ein für Typhus, Cholera und Malaria immunes Terrain dar. Durch Beimengung von anderen Substanzen, z. B. von kohlensaurem Kalk (Uebergang in Mergelboden), Sand u. s. w., werden die als pelischer Boden bezeichneten reinen Lehmarten zu pelo-psammischen (pelos Lehm und psamme griech. Sand), die Wassercapacität und Capillarität und das Condensationsvermögen vermindert sich und diese Thonarten werden weniger leicht feucht und trocknen leicht aus.

Ein Theil der Hochebene rechts der Isar bei München, deren Alluvium von einer derartigen Thonschicht bedeckt ist, hat sich noch bei jeder Choleraepidemie immun verhalten. Auch Stuttgart, Lyon und andere Städte verdanken ihre Immunität solchem Terrain.

Nasser Lehm dagegen ist auch insofern kein guter Baugrund, als er immer künstliche Fundirung nöthig macht. Enthält der Lehm viel Sand, so kann man den Grund durch Drainage austrocknen und tragfähiger machen. Fetter Thon dagegen lässt sich in dieser Weise nicht behandeln, weil er stark schwindet und rissig wird und einen grossen Theil seines Wassergehaltes dauernd festhält.

Alluvialboden, speciell sandiger Kies und Schotter, ist nach epidemiologischen Erfahrungen diejenige Bodenart, in welcher sich am häufigsten die Spaltpilze der ectogenen Infectionskrankheiten derart vermehren, dass Epidemien entstehen. Die Poren oder freien Zwischenräume des Alluvialbodens (Kies u. s. w.) betragen fast die Hälfte des Gesammtvolumens (38—42 Proc.), in Folge dessen in solchem Boden sich sehr bedeutende Mengen von Abfallstoffen ansammeln können, welche die Entwickelung von Spaltpilzen ermöglichen, die auch durch die reichliche Luftcirculation in solchem Boden unterstützt wird.

Liegen schwächere Kies- oder Sandschichten über Felsgrund, so wird man selbstverständlich dieselben abräumen und auf den Fels gründen.

Schliesslich muss noch ganz besonders betont werden, dass ein durch menschliche und thierische Excremente und Haushaltungs-Abwasser verunreinigter Boden hygienisch und technisch einen sehr schlechten Baugrund abgibt. Abgesehen davon, dass ein solcher Boden leicht siechhaft wird, haben die Chlorsalze und die stickstoffhaltigen Substanzen, welche derselbe enthält, bekanntlich einen sehr ungünstigen Einfluss auf die Mauern, indem sie sogenannten Mauerfrass u. s. w. verursachen; das Gleiche gilt von aufgefülltem Boden, wenn zum Auffüllen, wie es gewöhnlich der Fall ist, ausser Bauschutt, Kehrichtgrubeninhalt u. s. w. verwendet wurde.

Indem wir in Bezug auf die Eigenschaften der übrigen als Baugrund in Betracht kommenden Bodenarten auf den Band I, 3, dieses Handbuchs verweisen, muss noch besonders hervorgehoben werden, dass in der Regel die hygienischen Interessen bei der Wahl des Bauplatzes leider zuletzt in Betracht kommen und dass man gewöhnlich nur die Frage zu entscheiden hat, unter welchen Bedingungen ein siechhaftes Terrain bebaut werden kann.

Das Menschengeschlecht, sagt Arnould, ist kosmopolitisch sowohl in der Wahl des Bodens wie in der des Klimas. Es gibt kein Terrain das es verschmäht. Der von allen Reizen entblösste, platte, bewegliche oder sumpfige und siechhafte Boden Hollands ist gerade einer derjenigen, welche die höchste Bevölkerungsziffer aufweisen. Die Superiorität der modernen Hygiene besteht darin, dass sie sich nicht mehr darauf beschränkt präventiv zu sein, sondern dass sie sich bis zum Kampf gegen die zerstörenden Elemente emporschwingt. Sie hält nicht mehr die Kühnheit des Menschen auf, sie folgt ihr und in allen gefährlichen Lagen, in welche ihn die Natur, Kultur oder Industrie versetzen mag, steht sie ihm als treue Helferin zur Seite.

In diesem Sinne sind die Massnahmen, durch welche ein jedes Terrain, mag es aus irgend welchen Gründen suspect oder notorisch siechhaft sein, zum Baugrund geeignet gemacht werden kann, einer eingehenden Besprechung bedürftig. Die folgenden Kapitel sind denselben speciell gewidmet.

Was soeben über die Wahl eines zum Baugrund geeigneten Bodens gesagt wurde, gilt auch für die Grundwasserverhältnisse, mit denen man gewöhnlich als gegebenen Factoren zu rechnen hat.

Die von PETTENKOFER für München nachgewiesene Abhängigkeit der Typhus- und Cholerafrequenz vom Grundwasserstand kann entweder darin begründet sein, dass die Grundwasserschwankungen die Entwickelung der specifischen Krankheitsbacterien im Boden direct beeinflussen, oder aber es sind dieselben nur ein allgemeiner Ausdruck für den Grad der Bodenfeuchtigkeit, welcher für die Möglichkeit einer Vermehrung der Spaltpilze und des Transportes derselben an die Bodenoberfläche von grösster Bedeutung ist.

In der Regel wird wahrscheinlich nur das Letztere der Fall sein, unter Umständen aber, besonders bei geringer Entfernung des Grundwassers von der Bodenoberfläche werden beide Factoren in Betracht kommen.

Das Grundwasser sollte dementsprechend möglichst tief unter der Oberfläche und so weit von den Grundmauern entfernt sein, dass es diese weder direct noch durch capillare Steigung zu erreichen vermag.

Bei der Wahl von Bauplätzen sind endlich noch alle jene Factoren zu beachten, welche das Localklima bedingen.

Wir erinnern beispielsweise an die klimatischen Verschiedenheiten der Hochebenen, Bergabhänge und Hügelkuppen gegenüber den Thälern in Bezug auf die Feuchtigkeit, Nachtkälte u. s. w. Die relative Stärke der Ausstrahlung mag bei beiden nahe die gleiche sein, aber den Thalbecken fehlt die Luftströmung der freien Hochebene, welche die durch die nächtliche Ausstrahlung hervorgebrachten Temperaturunterschiede ausgleicht und unschädlich macht. Ein ganz auffallend verschiedenes Localklima ergibt sich oft auf ganz engbegrenztem Terrain, allein aus der Himmelsrichtung, in welcher zwei benachbarte Thäler verlaufen. So sind in den Alpen jene Thäler am kältesten, welche nach Westen hin gegen die häufigeren, stärkeren und wärmeren Luftströmungen gedeckt sind und dadurch die Ansammlung der durch Wärmeausstrahlung erkalteten Luftmassen begünstigen. Derartige aus der Lage, Terraingestaltung, Exposition

u. s. w. sich ergebenden grossen klimatischen Verschiedenheiten sind bei der Wahl der Bauplätze, bei Neuansiedelung und Anlage von Ortschaften selbstverständlich zu beachten und eventuell einer eingehenden Untersuchung und Beobachtung zu unterziehen.

Die Wärmeverhältnisse des Bodens sind unter Umständen ebenfalls der Beachtung werth.

Im Allgemeinen ist der Boden ein schlechter Wärmeleiter; aber die Leitung variirt sehr, je nach der Bodenbeschaffenheit. Lette, Thon und Felsen sind bessere Leiter als der Sand, und da sie die Sonnenhitze rascher durchlassen, so erwärmen sie sich nicht in so hohem Grade.

Galton hat bezüglich der Fähigkeit verschiedener Bodenarten die Wärme zurückzuhalten, folgende Zahlen ermittelt.

Für den Sand, den schlechtesten Leiter, wurde die Wärmecapacität = 100 gesetzt.

Kalkhaltiger Sand	100
Reiner Sand	95,6
Leichter Thon	76,9
Gyps	73,2
Schwerer Thon	71,11
Thonige Erde	68,4
Reiner Thon	66,7
Feine Kreide	61,8
Humus	49,0

Man sieht wie kalt Thon und Humus im Vergleich zum Sande sind.

Werthvolle Anhaltspunkte zur hygienischen Beurtheilung des Baugrundes bietet die chemische und bacteriologische Untersuchung des Bodens, die auch gegenwärtig leider nur sehr selten ausgeführt wird.

Die chemische und bacteriologische Untersuchung sollte bei jedem Baugrund ausgeführt werden, der zur Zeit irgend einer Verunreinigung ausgesetzt ist, oder bei dem Verdacht besteht, dass er früher einmal durch Hausabwasser, menschliche oder thierische Excremente, oder durch Fabrikabwasser verunreinigt wurde. Namentlich bei aufgefülltem Boden sollte die chemische Untersuchung niemals unterlassen werden.

Das Resultat derselben gibt dem Hygieniker die Möglichkeit zu beurtheilen, ob der Boden die ihm zugeführten Abfallstoffe (namentlich stickstoffhaltige organische Verbindungen) genügend verarbeitet, d. h. mineralisirt, in anorganische Verbindungen übergeführt hat.

Ein Boden, welcher noch erhebliche Quantitäten von stickstoffhaltigen organischen Stoffen, sowie Ammoniaksalze enthält, die als

Spaltpilznahrung geeignet sind, sollte entweder noch so lange unbebaut bleiben, bis wiederholte Analysen zeigen, dass er rein geworden ist, oder er muss entfernt, d. h. ausgehoben und durch reinen Sand, Kies u. s. w. ersetzt werden.

Die folgende Tabelle gibt das Resultat der Analyse von reinem Boden und von solchen Bodenproben, welche verschiedenen Arten der Verunreinigung ausgesetzt waren.

100 Gramm Boden enthielten Gramme (nach FLECK IV. und V. Jahresbericht der chem. Centralstelle in Dresden, 1876.):

	Reiner Kies und Sand	Kies mit Schleussen-Inhalt verunreinigt	Kieshaltiger Lehm durch Abwasser einer Lederfabrik verunreinigt	Kies mit Bauschutt und Aschengruben-Inhalt
Feuchtigkeit		15,462	30,697	32,045
Glühverlust	0,09	1,934	4,592	6,049
Aetherextract	0,00	0,014	0,122	0,080
Alkoholextract . . .	0,009	0,022	0,088	0,029
Wasserextract . . .	0,07	0,154	0,120	0,192
Ammoniak	0,00	0,004	0,004	0,004
Salpetersäure	0,00	0,000	0,000	0,000
Stickstoff	0,00	0,028	3,134	

Der alkoholische Rückstand der drei verunreinigten Bodenproben enthielt Fäulnissalkaloide.

Die Methoden der bacteriologischen Bodenuntersuchung bedürfen noch sehr der Verbesserung. Zur Entnahme der Proben für die bacteriologische Bodenuntersuchung benutzt man den von FRÄNKEL [1]) angegebenen Bohrer, welcher bei der Entnahme von Erde aus tieferen Schichten eine Zumischung von Theilen höher gelegener Partien vermeidet.

Man muss sich stets erinnern, dass der Boden im Allgemeinen und namentlich in den oberen Schichten ungemein reich an Keimen ist. BÄUMER [2]) fand in reinem Dünensand 1000—2000 Keime pro Ccm. Bei verunreinigtem städtischen Untergrund fand derselbe auffallend grosse Zahlen, nämlich 10—45 Millionen entwicklungsfähige Keime pro 1 Ccm.

Ich selbst zählte in einem durch eine Versitzgrube stark verunreinigten Boden (Sand und Kies) nur 1 800 000 Keime.

---

1) FRÄNKEL, C., Untersuchungen über das Vorkommen von Mikroorganismen in verschiedenen Bodenschichten. Zeitschrift f. Hygiene. Bd. II. 1887. S. 521.

2) BÄUMER, Zur Bacteriologie des Bodens. Deutsche medic. Wochenschrift. 1886. S. 464.

Auch Fränkel erhielt wesentlich niedrigere Zahlen als Bäumer. Die Zahl der Keime variirt offenbar schon sehr, je nach der physikalischen Beschaffenheit des Bodens. Man muss daher immer nur Boden von gleicher mechanischer Zusammensetzung zum Vergleich wählen.

ZWEITES KAPITEL.

Trockenlegung des Baugrundes und der Umgebung des Hauses.

Das Grundwasser kann, wie S. 11 an einem Beispiele gezeigt wurde, durch hydrostatischen Druck und Capillarität die Mauern der Wohnungen derart durchfeuchten, dass obgleich man nirgends stehendes oder fliessendes Wasser sieht, Haus und Inventar geschädigt und die Bewohner durch eine Reihe schwerer Krankheiten (Morbus Brigthii, Rheumatismus articulorum acutus etc.) heimgesucht werden. In einem feuchten Untergrunde können sich, wie die Epidemiologie lehrt und die Bacteriologie bald ad oculos demonstriren wird, pathogene Spaltpilze, welche durch das Regenwasser in den Boden gelangen, vermehren. Solche locale Krankheitsherde bilden sich auch an bestimmten Stellen der weiteren Umgebung des Hauses, da wo Harn [illegible] Hauswasser und namentlich Blut von Schlächtereien versickern. Diese salzhaltigen Flüssigkeiten stellen nämlich, da sie zugleich N- und C-haltige assimilirbare Stoffe enthalten, ein für die meisten Spaltpilze geeignetes Nährmaterial dar. Die Krankheitspilze werden aus tieferen Schichten des *feuchten* Bodens durch den reichlichen Strom capillar aufsteigenden Wassers an die Oberfläche geführt, während sie in einem *trockenen* Boden schadlos in der Tiefe ihre Entwickelung durchmachen. An der Oberfläche des Bodens abgelagert, werden die Bacterien mit den an Schuhen und Kleidern haftenden Bodentheilchen in die Wohnung getragen, wo sie austrocknen, verstäubt und mit der Luft eingeathmet werden.

Durch die Trockenlegung des Untergrundes soll nun die für die Entwickelung von Spaltpilzen nöthige Bodenfeuchtigkeit möglichst beschränkt und die Aufwärtsbewegung des Wassers im Boden sistirt werden. In ihrem vollen Umfange wird sich die Bedeutung der Trockenlegung des Untergrundes aus einem späteren Kapitel ergeben. Sie geschieht mit sicherem Erfolg durch Drainirung oder Canalisation.

Die erstere ist überall da anzuwenden, wo die letztere, sei es der Kosten oder anderer Verhältnisse wegen nicht durchführbar ist, also namentlich in kleineren Ortschaften, Höfen, Villen, Lagerplätzen u. s. w. Wenn die Strassen-Canäle zur Wegschaffung des Grundwassers und der Bodenfeuchtigkeit, wegen zu grosser Entfernung der Canäle, oder in Folge ungünstiger Bodenbeschaffenheit und zu feuchten Untergrundes nicht ausreichen, kann neben der schon bestehenden Canalisation auch noch die Drainirung des Grundstückes nothwendig werden.

Die Drainirung soll das Grundwasser in einer Tiefe erhalten von der aus es nicht durch Capillarattraction in die Fundamentmauern und Kellerräume eindringen kann; sie soll ferner das capillare Aufsteigen von Bodenwasser an die Oberfläche des Bodens in der ganzen Umgebung des Hauses möglichst beschränken oder verhüten.

Zur Drainirung des Baugrundes und des denselben umgebenden Terrains werden im Wesentlichen die Methoden der landwirthschaftlichen Bodenentwässerung angewendet und zwar kommen in hygienischer Beziehung in Betracht:

1. Die Drainirung durch unterirdische, verdeckte Canäle oder Abzüge.
2. Durch Saugeschächte.
3. Durch künstliche Alluvion oder Colmatage.
4. Durch Wasserhebemaschinen.
5. Durch Bepflanzung (Vegetation).

Die Drainage durch ein System offener Gräben kann bei ungenügender Ueberwachung der Räumung und Unterhaltung, abgesehen von der Verkehrsbeschränkung, so grosse sanitäre Unzukömmlichkeiten im Gefolge haben, dass man sie zu hygienischen Zwecken nicht empfehlen soll.

Die Drainirung durch unterirdische Canäle oder Abzüge geschieht durch Erd-, Holz- (Faschinen-), Stein- oder Ziegeldrain.

Die Drainirung durch offene Gräben wird man nur in besonderen Fällen, bei improvisirten oder provisorischen Anlagen (Truppen-Lagerplätzen, Cernirungs-Cantonnements u. dgl.) oder aus Sparsamkeitsrücksichten zur Anwendung bringen.

In einem Boden, der das Zusammenfallen nicht befürchten lässt, z. B. in Torfboden, kann man hohle Erddrains (Fig. 5) in der Weise herstellen, dass man den unteren abgesetzten Theil des Grabens (Fig. 5a) mit Brettstückchen (Fig. 5b) oder mit Rasen überdeckt.

Man kann auch die untere Hälfte des Grabens mit Steinen von 5 bis 6 Cm. Durchmesser (Steindrain Fig. 6), mit zusammengedrehten grünen Reisigbündeln (Faschinendrain) oder mit horizontal gelegten Pfählen, welche der Haltbarkeit wegen oberflächlich verkohlt werden (Holzdrain Fig. 7) ausfüllen. Die Steindrains oder Steinfilter erhalten ein Sohlengefälle von 1 : 100. Die Sohlenbreite soll je nach der Menge des abzuführenden Wassers 25—30 Cm. betragen. Ziegeldrains mit kurzen Röhrenstücken aus gebranntem Thon hergestellt, sind den beschriebenen Drains, ganz specielle Fälle ausgenommen, weit überlegen. Sie führen das Wasser leichter fort, werden selten verstopft und brauchen nur geringes Gefälle. Das Bodenwasser gelangt durch die Stossfugen zwischen zwei Röhren in den Drain. 20—25 solcher Stossfugen stellen bei 1 zölligen Röhren eine Oeffnung dar, welche dem Querschnitt der Röhren gleichkommt.

Fig. 5.

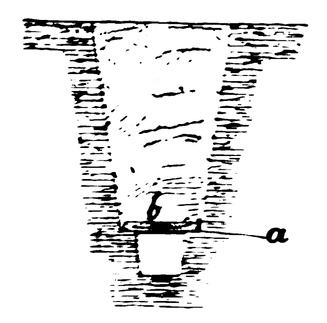


Fig. 6.

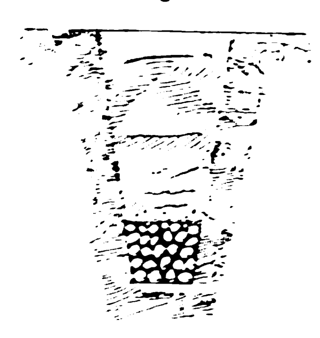


Fig. 7.



Ausserdem dringt, wie später gezeigt wird, eine nicht unbeträchtliche Menge vom Bodenwasser durch Pseudoendosmose in die Drainröhren. Je tiefer die Röhren in den Boden hineingelegt werden können, ein um so grösseres Stück Boden legen sie trocken, indem sie dasselbe seitwärts in schräger Richtung aussaugen; von 1,33—2,33 Meter Tiefe verdreifacht sich die Aufnahmecapacität der Drains.

Nach PARKES sollen Drainröhren mindestens 1¼ Meter unter der Oberfläche verlegt werden. Die durchschnittliche Tiefe ist 1⅔ Meter. Die seitliche Entfernung zweier Drains soll so gross sein, dass sie das Wasser des zwischenliegenden Bodens vollständig anzuziehen im Stande sind. Man legt zwei Probedrains und bohrt in gleicher Entfernung zwischen

beiden ein senkrechtes Loch; zeigt sich in dem letzteren kein Wasser, so liegen die Drain richtig, bleibt aber Wasser darin stehen, so liegen dieselben zu weit auseinander. Bei nicht ganz undurchlassendem Erdreich sollen 1 Meter tief verlegte Drain 5 Meter und 1 1/3 Meter tief verlegte, 8 Meter voneinander entfernt sein. Bei durchlassendem Untergrund entwässert ein 1 Meter tiefer Drain 7 Meter, ein 1 1/3 Meter tiefer Drain 10 Meter Breite u. s. w.[1])

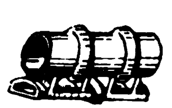
Am zweckmässigsten sind einfache runde Thonröhren von 1/3 Meter Länge.

Nach E. Schmitt[2]) beträgt die Weite der Drainrohre, die sich nach der abzuführenden Wassermenge richtet, 1,5 bis 10 Cm. Es genügt jedoch meist eine Weite von 5 Cm.

Bei den kleineren Röhren werden die Fugen an der Verbindungsstelle zweier Röhren durch übergreifende Muffen vor dem Eindringen von Sand, Schlamm u. s. w. geschützt, oder dadurch, dass eine weitere Röhre über die engere geschoben wird, so dass die letztere eine Strecke weit von der ersteren umgeben ist. Bei grösseren Röhren sind Muffenansätze überflüssig, da sie nur dann angewendet werden, wenn ein sehr reichlicher Grundwasserstrom vorhanden ist, der Sand und Schlammtheilchen mit fortführt.

Man benutzt auch combinirte Hausentwässerungs- und Drainröhren (Fig. 8). Die Drainröhre hat feine Oeffnungen, durch welche das Wasser eindringt; sie soll zugleich das aus defecten Stellen der Hausentwässerungsröhre durchsickernde Schmutzwasser auffangen, diese combinirten Röhren sind ähnlich construirt, wie die Strassencanäle, welche mit einem durchbrochenen Sohlstück versehen sind, um das Grundwasser während des Canalbaues wegzuführen. In den meisten Fällen ist es jedoch nöthig, den Grund eigens zu drainiren, da die Hausentwässerungsröhren nicht tief genug zu liegen kommen. Die Drainrohre müssen ein um so stärkeres Gefälle erhalten je enger sie sind: 1:200 bis 1:50.

Fig. 8.



„Drainrohre sind dort besonders zweckmässig, wo der Boden durchlässig ist; bei weniger durchlässigem Boden saugt ein Steindrain mehr Wasser auf. Wenn die wasserführende Schicht eine grössere Mächtigkeit hat, so kann man auch Steinfilter und Drainrohre gleichzeitig in Anwendung bringen; das Steinfilter führt alsdann den Drainröhren Wasser zu. Ist der Boden wenig nass, so genügen einzelne Sickergräben, die in angemessener Entfernung von

1) Dr. Löbe, Drainirung. Leipzig, Verlag von J. J. Weber 1881. S. 94.

2) Handbuch der Architektur. III. Thl. Bd. I. II. Abth.: Fundamente. S. 243.

wasserdichten Mörtelputz geschützt. An letzteren anschliessend wurde ringsum ein 40 Cm. weiter Entwässerungsgraben angelegt, dessen Sohle von einer Betonschicht gebildet wird, auf welche die das ganze Gebäude umziehenden Drainrohre zu liegen kamen; schliesslich wurde der Entwässerungsgraben mit grossen Steinstücken zugefüllt. Die Drainrohre sind im Gefälle von 1 : 50 verlegt und nach den beiden Entwässerungsbrunnen geführt. Das von der Strassen- und Hofoberfläche einsickernde, ebenso das von den Hausgärten zuströmende Wasser wird durch die beschriebene Anlage abgefangen, bevor es an die Kellermauern gelangt. Um auch ein Eindringen des Wassers durch die Kellersohle zu verhüten, ist auf derselben zunächst ein 25 Cm. dickes Sandbett ausgebreitet und über diesem eine 40 Cm. dicke Betonschicht ausgeführt.[1])

Die künstliche Alluvion oder Colmatage beruht auf der Deposition suspendirter Erdtheilchen aus Flusswasser, welches zwischen Einschliessungsdämmen über die Sumpfdistricte geleitet wird.

Die berühmten Meliorationen des Valdichiana, der toskanischen Maremmen, eines Theils der pontinischen Sümpfe in Italien, des Arvethales, der Moräste zwischen Arc und Isère, der Varesümpfe in Frankreich, sind mittelst Colmatage durchgeführt worden.

Von den zur Entwässerung des Bodens dienenden Wasserhebemaschinen sind namentlich Windkraftmaschinen (ECKERT'sche Windrose), einfache, nach Stärke und Richtung des Windes sich selbst regulirende Pumpen zu empfehlen, da sie billig sind, wenig Aufsicht bedürfen und bei mittlerer Windgeschwindigkeit die ansehnliche Quantität von 3—5000 Liter Wasser pro Stunde heben.

Als eine sehr wirksame Methode der Bodendrainirung ist schliesslich noch die Bepflanzung wasserreichen Terrains mit stark transpirirenden Bäumen, Gras oder landwirthschaftlichen Kulturpflanzen zu erwähnen.

Diese Methode verdient ihrer Billigkeit und Ausführbarkeit wegen, namentlich aber auch deshalb Beachtung, weil die Wirksamkeit derselben durch die Bestimmung der Sickerwassermenge auf unbebautem und verschieden bepflanztem Terrain, sowie durch Untersuchungen über das Transpirationsvermögen verschiedener Bäume und Kulturpflanzen quantitativ ermittelt ist.

Den Bäumen kommt eine drainirende Wirkung zu. EBERMAYER[2])

1) Vgl. Semaine des const. Jahrg. 9. S. 90 u. 91 u. Handbuch der Architektur von DURM u. s. w. Darmstadt. Diehls Verlag 1886. III. Thl. I. Bd. S. 243. (Fundamente von Dr. E. SCHMITT.)

2) Einfluss des Waldes und der Bestandesdichte auf die Bodenfeuchtigkeit und auf die Sickerwassermenge. Allgem. Forst- und Jagdzeitung 1889.

hat gezeigt, dass die Bodenfeuchtigkeit in der Wurzelregion bedeutend abnimmt, was dem grossen Wasserverbrauch der Bäume zuzuschreiben ist, die mittelst ihrer unzähligen, nach allen Seiten verbreiteten Wurzelfäserchen den Boden so stark entwässern, dass die Bodenfeuchtigkeit um etwa 3 Procent geringer wird als im freien Felde. Ein Unterschied von 3 Procent ist scheinbar gering. Berechnet man aber die gesammte Wassermenge, welche dieser Differenz pro Hektar und 1 Meter Tiefe entspricht, so erhält man sehr bedeutende Quantitäten. Der Boden ist in der Wurzelregion der Bäume im Vergleich zum unbebauten Felde um so trockener, je grösser der Wasserverbrauch, resp. das Transpirationsvermögen der Bäume ist, je länger die Vegetationsperiode dauert, einen je dichteren Stand die Bäume bei möglichst ausgebildeter Krone haben, je kräftiger sie entwickelt sind (Stangenholz) und je mehr Niederschläge sie in ihrer Krone zurückhalten (immergrüne Nadelhölzer). Diese Thatsachen wurden von EBERMAYER durch Sickerwasser-Messungen und durch directe Feuchtigkeitsbestimmungen des Bodens festgestellt. Die drainirende Wirkung des Waldes konnte aber auch an forstlichen meteorologischen Stationen Bayerns am Stande des Grundwassers beobachtet werden, welches bei gleichen Niveauverhältnissen im freien Lande viel höher stieg als im Walde.

Das Transpirationsvermögen der Bäume ist sehr verschieden. Die wasser- und aschenreichen, stark transpirirenden Blätter der Eschen, Ulmen, Ahorne, Pyramidenpappeln verbrauchen mehr Wasser als die wasser- und aschenärmeren, weniger transpirirenden Blätter der Eichen und Buchen; diese wieder mehr als die aschenarmen und schwach transpirirenden Nadelhölzer. Durch besonders starke Transpiration zeichnet sich der tiefwurzelnde Blaugummibaum (Eucalyptus globulus) aus.

Aber nicht nur die Bäume, sondern auch alle anderen grünen Pflanzen befördern das Austrocknen des Bodens in höherem oder geringerem Grade.

RISLER und WOLLNY haben constatirt, dass die Kulturpflanzen (Klee, Erbsen, Wiesengräser) den Boden an Wasser um so mehr erschöpfen, je dichter sie stehen und je üppiger sie sich entwickelt haben.

Ob die Waldbäume oder die landwirthschaftlichen Kulturgewächse den Boden mehr entwässern, ist eine Frage, die, wie EBERMAYER mit Recht bemerkt, in hygienischer Beziehung von grösster Bedeutung ist. EBERMAYER hat nun nachgewiesen, dass das Wiesengras mehr Wasser beansprucht und den Boden in der Wurzelregion stärker austrocknet als der Wald. Je mehr Wasser die Pflanzen

aus dem Boden aufnehmen und durch Transpiration verlieren, um so mehr mineralische Salze werden den Blättern zugeführt. Der Aschengehalt derselben gibt somit einen Massstab zur Beurtheilung der Transpirationsgrösse der Pflanzen. Der Wasserverbrauch hängt aber nicht blos von der Transpirationsgrösse, sondern auch von der Stärke der Belaubung, von dem mehr oder weniger dichten Stande der Pflanzen und von der Vegetationsdauer ab. Die sehr dicht stehenden Kleepflanzen und Wiesengräser, welche nur 6,9 Proc. Asche enthalten, verbrauchen z. B. mehr Wasser und trocknen den Boden stärker aus, als die viel vereinzelter stehenden Kartoffelpflanzen, deren Aschegehalt 9 Proc. beträgt.

Wie bedeutend übrigens die Wasserverdunstung durch die Bäume ist, zeigen die Transpirationsversuche von HOEHNEL, nach welchen z. B. eine 115jährige Buche vom Juni bis November 8968 Kgrm., also pro Tag 50 Liter Wasser durch Transpiration verlor. Die gesammte Wassermenge, welche ein 115jähriger Buchenbestand pro Hektar während der Vegetationszeit dampfförmig ausscheidet, beträgt im Mittel 4 Millionen Kgrm. oder 40000 Hektoliter. Nach NEY ist die Menge des während der Vegetationszeit täglich verdunsteten Wassers:

Für die Wiese = 51 100 Liter pro Hektar.
" das Roggenfeld = 22 600 " " "
" den Tannenwald = 8 000 " " "

Die Austrocknung des Bodens findet, wie gesagt, in der Wurzelregion statt. Will man also zur Drainirung des Bodens die Bepflanzung anwenden, dann wird man, falls oberflächliche Bodenschichten entwässert werden sollen, den Anbau von landwirthschaftlichen Kulturpflanzen (namentlich Wiesengras oder Klee), falls es sich um die Austrocknung tieferer Bodenschichten handelt, die Bepflanzung mit Bäumen (Eucalyptus globulus, Eschen, Ulmen, Ahorne u. s. w.) wählen, und für mittlere Bodenschichten kämen Sonnenblumen, Weiden u. a. in Betracht.

Nebenbei sei erwähnt, dass ausser der Bodenaustrocknung auch die durch Wald, Wiesen u. s. w. bedingte Abkühlung der Luft, namentlich in heisser Gegend von grossem sanitären Werth sein kann.

NEY berechnet den gesammten Wärmeverbrauch durch die vegetative Verdunstung:

Für das Hektar Wiese auf 5027 Mill. Wärmeeinheiten,
" " " Roggenfeld " 1211 " " "
" " " Wald " 729 " " "

oder mit anderen Worten jedes Hektar Wiese, Roggenfeld und Wald verbraucht während der Vegetationszeit durch die Verdunstung so

viel Wärme, als nöthig ist, um rund 14 550, bezw. 3506 und 2110 Millionen Kubikmeter Luft um 1° C. abzukühlen. Bei der Assanirung durch Bepflanzung mit Bäumen (Wald) kommen wahrscheinlich auch noch andere, bis jetzt nicht genügend erforschte Momente in Betracht. EBERMAYER [1]) hat nachgewiesen, dass in Bodenarten, welche nur vegetabilischen Humus enthalten, keine nitrificirenden Mikroorganismen vorkommen. Die epidemiologischen Thatsachen deuten darauf hin, dass Waldboden auch für die Entwicklung pathogener Bacterien ungeeignet ist. Die Königinstrasse in München wurde bei jeder Choleraepidemie schwer heimgesucht. In den zahlreichen Gebäuden dagegen, welche in den grossen Parkanlagen des englischen Gartens, in unmittelbarer Nähe der Königinstrasse gelegen sind, ist die Cholera niemals epidemisch aufgetreten.

Während in canalisirten Städten, wo die Strassencanäle das Grundwasser rasch abführen, meistens nur die Drainirung des Baugrundes in Betracht kommt und die Sammeldrains in den nächsten Strassencanal einmünden können, müssen auf dem Lande gewöhnlich auch die übrigen Theile des das Haus umgebenden Areals, das ganze Grundstück, drainirt und die Sammeldrains bis zum nächsten Wasserlauf geführt werden.

Die Nothwendigkeit der Drainirung eines Bodens wird sich aus den schon erwähnten Voruntersuchungen des Baugrundes, namentlich aus der Beurtheilung der natürlichen Drainageverhältnisse, den Grundwassermessungen u. s. w. ergeben. Um sich bei provisorischen Anlagen, namentlich im Felde, rasch ein Urtheil zu bilden, lässt man 1—1½ Meter tiefe Probelöcher aus dem Boden ausheben, welche sich je nach der Nässe des Bodens bis zu verschiedener Höhe schneller oder langsamer mit Wasser anfüllen.

Die günstigen Wirkungen der Bodendrainirung sind durch hundertjährige Erfahrung sichergestellt.

Eine tiefverlegte Drainage erhöht die Bodentemperatur, indem sie die Verdunstung verringert und die Wärmeaufnahme begünstigt.

Der Boden wird nicht nur trocken, sondern auch wärmer, er erwärmt sich leichter und andauernder, so dass, wie v. HAMM sagt, die Folgen der Entwässerung einer Aenderung resp. Milderung des Klimas gleichkommen.

Das Wasser gibt als sehr schlechter Wärmeleiter die von den wärmeren oberen Bodenschichten aufgenommene Wärme an die tieferen nicht nur nicht ab, sondern erniedrigt sogar die Temperatur dieser und der

---

1) EBERMAYER, Warum enthalten die Waldbäume keine Nitrate? Berichte der deutschen botan. Gesellschaft. 1888. Bd. VI. Heft 6.

oberen, weil durch die stärkere Verdunstung Wärme gebunden, d. h. dem umgebenden Wasser und Boden entzogen wird.

Der Effect der Trockenlegung des Bodens macht sich selbstverständlich auch in der Verminderung der Luftfeuchtigkeit (Nebelbildung u. s. w.) bemerklich. Die hauptsächlichste Wirkung aber ist in der Verhütung der Hausfeuchtigkeit und ihrer schlimmen Folgen und von Spaltpilzvegetationen im Boden zu suchen, da durch die Drainirung nicht blos der Wassergehalt des Bodens vermindert, sondern auch, wie die Analysen von VOELKER zeigen, organische, namentlich N-haltige Nährstoffe sehr rasch mit dem Drainwasser fortgeführt werden. Endlich ist nicht zu vergessen, dass die Drainage das wirksamste Mittel gegen Wasserverheerungen und Erdabrutschungen ist, durch welche schon ganze Ortschaften vernichtet und weite Strecken cultivirten Landes verwüstet wurden.

Wie vollständig der sanitäre Erfolg der Drainirung ist, mag folgendes Beispiel zeigen: Fort William in Niederbengalen war ein gefürchteter Herd für Cholera und Wechselfieber. Durch die Drainirung wurde es in eine für Cholera und Wechselfieber immune Localität umgewandelt. Die genannten Krankheiten herrschten derart in der Festung, dass, wie MONAT sagt, im Jahre 1858 jeder zum Dienst im Fort commandirte Soldat Krankheit vorschützte, um loszukommen.

Das Fort steht auf sehr feuchtem Wiesengrund. Bei jeder Regenzeit wurde die Umgebung desselben in einen regelrechten Sumpf verwandelt und während der kalten Jahreszeit war die ganze Gegend mit wenig Unterbrechungen in dichten Nebel gehüllt.

Auf den Vorschlag einer zur Untersuchung der Ursache dieser unerträglichen Zustände niedergesetzten Commission, wurde das Terrain nivellirt und von Ingenieuren ein systematisches Netz einfacher Entwässerungsgräben angelegt, gleichzeitig aber wurde für die Entfernung aller Abfälle, welche früher den die Festung umgebenden Sümpfen übergeben wurden, Sorge getragen.

Mit der Feuchtigkeit des Bodens und den Nebeln verschwand auch die Cholera und das Wechselfieber.

In Städten, welche ein genügend tief verlegtes unterirdisches systematisches Canalnetz mit Hausentwässerungsanlagen besitzen, genügt dieses meistens allein, um den Baugrund trocken zu legen, da hierdurch eine genügende Senkung des zu hohen Grundwasserspiegels zu Stande kommt.

Man kann hierbei wenn das Terrain sehr feucht ist die vollständige Entwässerung dadurch erzielen, dass man die Baugruben, in denen die Canäle verlegt werden, bis zu einer gewissen Höhe mit

Kies oder grobem Sand verfüllt. Dadurch entsteht längs der Canalwände ein zusammenhängendes Netz von durchlässigen Sickeranlagen, welche Wasser aufnehmen, dasselbe, indem sie dem Gefälle der Canäle folgen, abführen und schliesslich an die Canäle selbst oder an andere Sammler abgeben.

I. Material für Trainröhren und Canäle.

Die physikalischen Grundlagen der Function von Drainröhren und Canälen wurden von WIBEL[1]) durch experimentelle Untersuchungen auf osmotische Erscheinungen und Gesetze zurückgeführt.

Aus dem Resultat dieser Untersuchungen ergeben sich die Principien, welche bei Auswahl des Materials der im Bereich des Grundwassers liegenden Canäle und Drainageröhren massgebend sein müssen, mit einer Klarheit und Bestimmtheit, die jeden Zweifel ausschliesst.

Für phaneroporöse (mikro- und makroporöse) Diaphragmen, zu welchen die zur Drainirung dienenden Thonröhren u. s. w. gehören, hat WIBEL Folgendes ermittelt:

1. Die Exosmose wird durch Strömung vermindert oder aufgehoben.

2. Diese Verminderung wächst mit zunehmender Stromgeschwindigkeit.

3. Das Gesetz der osmotischen Aequivalenz wird durch die Strömung aufgehoben; die factisch bestehende Pseudo-Endosmose wird durch dieselbe derart erheblich gesteigert, dass sie in eine rein mechanische Aufsaugung übergeht. Die Verminderung der Exosmose beträgt bei makroporösen Diaphragmen und einer Geschwindigkeit von nur 10 Cm. pro Secunde 94—99 Proc.; sie wird also in natura bei der viel grösseren Strömungsgeschwindigkeit in den Drainröhren und Sielen, abgesehen von dem hier meist vorhandenen äusseren hydrostatischen Ueberdruck, ganz aufgehoben.

Die Canäle und Drainröhren verhalten sich also, falls sie aus sehr porösem Material hergestellt sind, lediglich aufsaugend, nicht ausschwitzend, sie trocknen und reinigen den Boden, eine Verunreinigung desselben durch den Röhreninhalt ist bei richtiger Ausführung der Anlage ausgeschlossen. Die Aufsaugung wächst mit der Stromgeschwindigkeit, dem äusseren Ueberdruck und der Porosität des Materials. Dieser günstige Effect ist jedenfalls zum Theil auch darin bedingt, dass durch die strömende Flüssigkeit eine Luftverdünnung in den Poren der Röhrenwandung, eine Saugwirkung verursacht wird.

1) Die Aenderung der osmotischen Erscheinungen und Gesetze durch die strömende Bewegung der Flüssigkeiten u. s. w. Hamburg 1882.

Während man also bisher zur Verhütung der Bodenverunreinigung möglichst undurchlässiges Material, „Klinkerfabrikate", anwendete, zur Vermauerung nur die besten Cemente als zulässig erklärte und den ganzen Canal schliesslich noch mit einem über $1/4$ Meter dicken Betonmantel umgab, muss man jetzt, auf Grund der Erkenntniss der hier in Frage kommenden Phänomene, die Anwendung möglichst poröser Röhren und Canäle verlangen.

II. Die Grundleitung der Hausentwässerung.

Eine ebenso erfolgreiche Massnahme gegen epidemische Krankheiten, als nützliche hygienische Einrichtung überhaupt ist die Hausentwässerung, welche die voraus erwähnten Massnahmen (Canalisation und Drainirung) vervollständigen muss. Als in Frankfurt, Danzig und München nach Ausführung der Canalisation der Anschluss der Häuser an das Canalnetz und dementsprechend die Einführung einer systematischen Hausdrainage in denselben erfolgte, ging die Typhussterblichkeit von Jahr zu Jahr zurück und zwar ganz parallel der Anzahl der pro Jahr angeschlossenen Häuser. Je rascher und zahlreicher in diesen Städten der Anschluss der Häuser an das Strassenrohrnetz erfolgte, um so rapider und ausgiebiger war der Abfall der Typhusmortalitätscurve.

Andererseits hat v. ZIEMSSEN [1]) nachgewiesen, dass, während in ganz München nur noch einzelne zerstreute Typhusfälle vorkommen, eine locale Anhäufung nur in dem nordöstlichen Bezirke der Stadt und zwar in den Strassen zu constatiren ist, welche der Wohlthat der Canalisation und Hausdrainage noch gar nicht oder erst seit Kurzem theilhaftig sind.

Die Röhrenanlage der Hausentwässerung soll das Haus- und Gewerbeabwasser, eventuell auch die Excremente, sowie die atmosphärischen Niederschläge abführen, so dass eine schädliche Einwirkung derselben auf Luft, Wasser und Boden nicht stattfinden kannund die Benetzung des Mauerwerks die Ueberschwemmung der Gärten und Höfe und der übrigen Theile des Areals durch Regenwasser verhütet wird.

Man unterscheidet die gesammte Hausentwässerungsanlage in die Rohrleitungen des inneren Hauses, welches man, da die Abwasser der verschiedenen Geschosse lothrechten Fallröhren übergeben werden, als Binnenleitungen oder Fallstränge bezeichnet, und die ausserhalb des Hauses unterirdisch zu verlegende Rohranlage, welche die Grundleitung darstellt, mit der wir uns

1) v. ZIEMSSEN, Der Typhus in München während der letzten 20 Jahre. Münchener medic. Wochenschrift. 1886. S. 312.

hier allein beschäftigen, indem wir die Besprechung der inneren Hausentwässerung auf ein späteres Kapitel verweisen.

Die Grundleitung nimmt die Abwasserröhren aus dem Innern des Hauses, die sogenannten Fallstränge mittelst kürzerer oder längerer Verbindungsstücke, der sogenannten Zweigleitungen, welche theils im Hause, theils ausserhalb desselben unter Terrain liegen, auf.

So entsteht ein ausserhalb des Hauses, im Boden liegendes System von Canälen, die sogenannten Grundleitungen, welche sich im Hauptrohr der Anlage, dem sogenannten Hauscanal (Hausrohr)[1]), vereinigen.

Der Hauscanal führt alsdann das gesammte Abwasser des Hauses entweder in einen Strassencanal des städtischen Sielnetzes oder in eine Abwassergrube (Senkgrube u. s. w.) ab. Die dauernd gute Function der Anlage hängt zunächst von der richtigen Wahl der Rohrweiten ab. Gewöhnlich wird durch die Anwendung zu weiter Rohre gefehlt.

Die Lichtweite der Rohre soll möglichst klein sein. Je enger das Rohr ist, um so grösser ist die Abflussgeschwindigkeit des Abwassers und dessen Fegkraft. In engen Röhren ist zugleich die selbstreinigende Wirkung nach den Erfahrungen englischer Ingenieure eine grössere als in weiteren Röhren, eine Beobachtungsthatsache, die sich nach den WIEBEL'schen Versuchen leicht dadurch erklärt, dass mit der Strömungsgeschwindigkeit die Saugwirkung der Wandcapillarröhrchen zunimmt.

In Bezug auf die Weite des Hauscanals gilt als sichere Regel, dass eine 6 Zoll (150 Mm.) Röhre zur Entwässerung eines städtischen Wohnhauses vollständig genügt, während für ein kleines Landhaus eine 4 Zoll (100 Mm.) Röhre ausreicht. Thonrohre von 100 Mm. Weite genügen zur Entwässerung einer unbeschränkten Zahl Wasserausgüsse, sowie von 1—5 Spülaborten, für die Regenrohre und in den meisten Fällen zur Ableitung des Hofwassers.

Rohre unter 10 Cm. Durchmesser sind in keinem Falle zulässig. Ist auch die Ableitung excrementieller Stoffe aus Abtritten beabsichtigt, so muss die Leitung mindestens 15 Cm. Lichtweite erhalten.

Da enge Rohre die Reinhaltung der Leitung befördern, so hat das Berliner Polizeipräsidium die Bestimmung getroffen, „dass der lichte Durchmesser der Hausableitungsrohre 16 Cm. nicht überschreiten darf; besonderen Falls sind 2 oder mehrere Rohre anzuordnen“.

---

1) Nach dem Handbuch der Architektur von DURM, ENDE, SCHMITT und WAGNER. III. Thl. V. Bd. S. 155. KNAUFF, Gesammtanordnung des Hausrohrnetzes.

Von gleicher Bedeutung wie die Rohrweite ist das Gefälle des Drains und die Strömungsgeschwindigkeit des Abwassers.

Das Gefälle ergibt sich nicht einfach wie man glauben könnte aus der höchsten und tiefsten Stelle der Grundleitung. Allzu starkes Gefälle ist vielmehr zu vermeiden, namentlich wenn auch die Excremente in die Leitung gelangen. Da Gefälle von mehr als 5 Proc. Ablagerungen im Rohrnetz begünstigen, weil bei dem discontinuirlichen Durchfluss, bei zu starkem Gefälle die im jeweiligen Querschnitt sich bewegende Flüssigkeitsmenge zu gering ist, um grobe Partikel wie Excremente, Papier u. s. w., die namentlich auch an Biegungsstellen des Rohrnetzes hängen bleiben, zu transportiren.

Für Hauscanäle, denen auch Excremente übergeben werden, wird als zweckmässigstes Gefälle ein solches von 2,5 Proc. oder von 3 Proc. (Knauff) empfohlen. Als geringstes noch zulässiges Gefälle ist 1 Proc. festzuhalten.

Das Hausrohr soll von seinem Anfang bis zur Einmündung in den Strassencanal u. s. w. ein möglichst gleichmässiges Gefälle haben. Gefällswechsel verursachen Depositionen suspendirter Stoffe, indem in den mit schwächerem Gefälle verlegten Rohrstrecken die mit grosser Geschwindigkeit ankommenden Schwimmstoffe auf die Sohle aufstossen und öfters hängen bleiben. Das Gleiche geschieht beim Eintritt besseren Gefälles, weil hier die im Rohrquerschnitt sich bewegende Wassermasse zu gering ist um gröbere Partikel mitzuführen.

Bei sehr tiefer Lage des Strassencanals kann man auf einem kleinen Grundstück mitunter nicht das richtige gleichmässige Gefälle erhalten. In solchen Fällen wird der Hauscanal von seiner Mündung in den Strassencanal so weit als möglich mit einem Gefälle von 3 Proc. verlegt, dann an einer Gebäudemauer senkrecht in die Höhe geführt bis er mit demselben Gefälle zu Ende geführt werden kann.

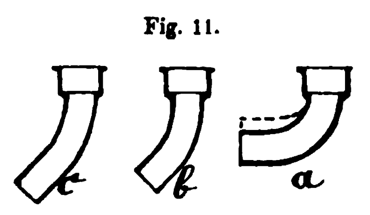
Ganz besonders ist darauf zu achten, dass sämmtliche Leitungen unter die Frostgrenze zu liegen kommen, also bei uns tiefer als 1 Meter.

Im Interesse der Einfachheit der Anlage, der dauernd guten Functionirung und leichteren Ueberwachung ist auf die möglichste Beschränkung der Zahl der Fallstränge und Grundleitungsrohre principiell zu achten.

Auch sollen die Röhren leicht zugänglich sein, damit Fehler in der Function rasch aufzufinden, Controlirung und Reparaturen leicht ausführbar sind. Freiliegende Rohre (im Keller u. s. w.) sind mit weisser Farbe anzustreichen, weil sich dann Lekagen alsbald bemerklich machen.

Bei Richtungsänderungen der Rohrleitung sind scharfe rechtwinkelige Biegungen, weil sie Ablagerungen veranlassen, namentlich in der Grundleitung zu vermeiden. Man wendet zu diesem Zwecke die in Fig. 11 skizzirten Bogenrohre (a rechter, b Mittel, c schlanker Bogen) an. Aus dem gleichen Grunde soll die Einmündung von Zweigrohren im Hauptrohre nicht im scharfen rechten Winkel, sondern im Bogen geschehen. Noch weniger darf ersteres bei der Einleitung zweier gegenüberliegender Seitenrohre der Fall sein. Die Einmündung derselben soll möglichst tangential oder wenigstens unter einem spitzen Winkel geschehen.

Fig. 11.



Wo Curven gemacht werden müssen oder mehrere Röhren in das Hauptrohr einmünden, ist ein Revisionsschacht und in geeigneter Entfernung davon Lampenlöcher anzubringen. Durch den Revisionsschacht lässt sich die Leitung, welche von dem nächsten Lampenloch aus durch eine Leuchtflamme beleuchtet wird, besichtigen. Die Revisionsschächte (Fig. 12, S. 38) erhalten durchwegs einen kreisrunden Querschnitt mit 0,8—1 Meter Durchmesser. Die Wandungen werden aus Formsteinen und Cementmörtel hergestellt. Um die Schächte bequem besteigen zu können, werden in Horizontal- und Verticalabständen von 0,3 Meter Steigeisen eingemauert. Die Untersuchung der Rohrleitung erfolgt entweder durch directes Hineinsehen in dieselbe vom Schachte aus oder mit Hülfe eines neuerdings in England gebräuchlichen Spiegelapparates, ähnlich dem Kehlkopfspiegel. Natürlich muss hierbei die Leitung von den Lampenlöchern oder von der nächsten Bruchstelle aus mittelst einer Lampe gut beleuchtet werden. Der Revisionsschacht kann ausserdem zur Spülung der Leitung benutzt werden.

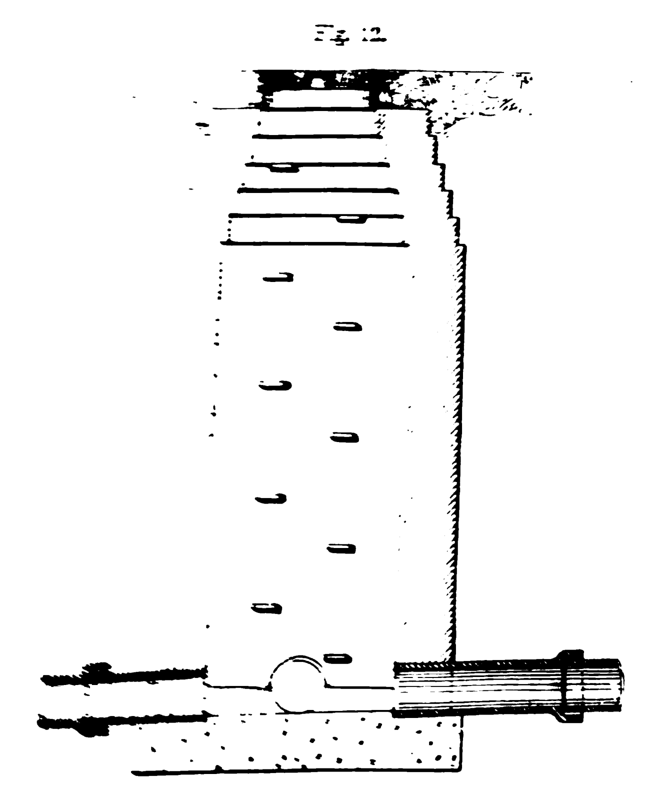
Das Hausrohr soll ebenfalls durch Vermittlung eines Bogenrohres tangential in den Strassencanal einmünden. In den Strassencanälen werden Einlassstücke aus gebranntem Thon oder Cementbeton vorgesehen, so dass der Anschluss der Hausleitung jederzeit möglich ist. Die Unterkante des Einlassstückes correspondirt mit der Höhe des gewöhnlichen Wasserstandes im Canal. Die Einlassstücke sind bis zur Ausführung des Anschlusses mit thönernen Deckeln verschlossen. Der Anschluss des Hausrohres in einen thönernen Strassencanal wird durch ein Bogenrohr (Façonstück) mit Abzweig vermittelt.

Es ist dringend nothwendig die Grundleitung der Hausentwässerung periodisch tüchtig zu spülen, da die natürliche intensive Spü-

[illegible] u. s. w. [illegible] eintritt. Wird die Spü-
[illegible] dann kommt es zu [illegible], Lekagen u. s. w.
[illegible] zur Verunreinigung des Bodens, welche ja durch
[illegible] werden soll.

[illegible] zur Spülung benutzt werden, indem
[illegible] mit Gummi oder Filz armirten,
[illegible] befestigt ist, verschliesst. Hat

Fig. 12.



[illegible] Wasser gefüllt, dann wird der Spund
[illegible] worauf das unter grossem Druck durch die
[illegible] Wasser eine gründliche Spülung derselben bewirkt.
[illegible] die periodische Spülung gewähren nur die
[illegible] da die Spülung oft vernachlässigt wird,
[illegible] besorgt werden soll. Am einfachsten
[illegible] die Kippspülapparate (Fig. 13, S. 39)
[illegible] Achse in zwei Lagern ruhen und die eine
[illegible] dass durch ihr Vollwerden der Schwerpunkt

ausser die senkrechte Linie verlegt wird, welche die Achslager mit dem Boden des Gefässes beschreiben. Hierdurch wir das Gefäss, wenn es auf einen gewissen Punkt gefüllt ist, umkippen und seinen ganzen Inhalt in den Canal entleeren. Diese Apparate haben den grossen Vortheil, dass sie durch jedes Wasser (Regenwasser oder Schmutzwasser u. s. w.) gespeist werden können.

Das wichtigste ist, dass die Achslagerung immer in Ordnung ist, damit sich der Kasten leicht dreht. Dieselbe muss deshalb zeitweise gereinigt werden.

Sehr gut functionirt auch der automatische Spüler „Flushing" System Picker. (Gesundheitsingenieur 1886. S. 578.)

In Städten ohne Canalisation oder in solchen mit alten, schlechten und planlos ausgeführten Canälen hat man bisher zur Aufsammlung des Haus- und Regenwassers Hauswassergruben oder Schwindgruben, und wenn zugleich die Excremente in der Grube aufgespeichert werden mussten, Senkgruben angewendet. Der Inhalt solcher Recipienten wird nach der Klärung den alten Canälen übergeben, abgeführt oder er versickert in den Boden. Die Versitz- und Schwindgruben, wie sie in vielen Städten noch bestehen, haben die Bestimmung alles Hausabwasser, welches sie aufnehmen, möglichst rasch in den Untergrund versickern zu lassen.

Fig. 13.

Nun ist, wie oben gezeigt wurde, die Lage an Steilrändern und Mulden lediglich aus dem Grunde sehr gefährlich, weil sich mehr Wasser in solchem Terrain ansammelt, als an anderen Punkten.

„Wenn wir diesen Gesichtspunkt, sagt v. Pettenkofer [1]), auf unser System der Versitzgruben anwenden, so erschrickt man förmlich über diesen Uebelstand. Wir leiten in diese Gruben Wasser aus der Umgebung und setzen dieselben in die unmittelbare Nähe des Hauses. Wir schaffen also mit Kunst und Kosten an gewissen Stellen des Hauses dieselben Verhältnisse, die sich in Flussthälern, Mulden und an Steilrändern von Natur aus ergeben."

1) v. Pettenkofer, „Vorträge über Canalisation und Abfuhr." München 1876. Verlag von Finsterlin. S. 85.

Die Versitzgruben, welche alles Hausabwasser, mitunter aber auch noch die Excremente aufnehmen, imprägniren den Untergrund des Hauses im weiten Umkreis. Sie führen dem Boden reichliche Mengen von Mikroben-Nährstoffen zu und zugleich viel Wasser von unten her, welches einen starken, dauernden, aufsteigenden Capillarstrom unterhält, durch welchen die Spaltpilze aus ihrem Entwickelungsherd in der Tiefe, an die Oberfläche des Bodens und von da in die Wohnungen gelangen. So entsteht gleichsam ein Kreislauf der Mikroben, die mit dem Schmutzwasser des Hauses, in den Boden und von da, nach stattgehabter reichlicher Vermehrung, wieder in die Wohnung zurückgelangen.

Noch 3 Meter von einer solchen Grube sieht das Erdreich aus, als wenn man Tinte durchfiltrirt hätte und verbreitet, wenn die oberen Bodenschichten entfernt werden, einen ekelhaften Jauchegeruch. Aus einem Grm. des so mit Hausabwasser infiltrirten Bodens entwickelten sich auf Gelatineplatten 1 800 000 Spaltpilze, eine Zahl die aber sicherlich nur einen kleinen Bruchtheil der in dem Boden enthaltenen Keime repräsentirt, da sich die Mehrzahl derselben auf der Nährgelatine nicht entwickelt.

Es war eine grosse That, durch die alljährlich tausende von Menschenleben gerettet werden, als v. PETTENKOFER in den 60er Jahren die Parole ausgab: „Verhütung der Bodenverunreinigung, Krieg bis aufs Messer gegen die Versitzgruben".

Seitdem hat in München entsprechend dem Verschwinden der Versitzgruben, der Typhus gradatim abgenommen und in den meisten Stadttheilen kommt die Krankheit nur noch sporadisch vor.

Aehnliche Beobachtungen hat man in allen Städten gemacht, welche in den letzten 20 Jahren eine systematische Canalisation und Wasserversorgung erhalten haben.

DRITTES KAPITEL.

Die Grundmauern des Hauses.

I. Anlage der Grundmauer.

Die Erdschichte, auf welcher die Grundmauern des Hauses ruhen sollen, muss der Einwirkung der Gefriertemperatur entzogen sein. Den zu diesem Zwecke unter die Oberfläche des natürlichen Bodens

hinabgeführten Theil eines Bauwerkes nennt man Grundbau, Grundmauer oder Fundirung.

Wenn die Gefriertemperatur die Erdschichte, auf welcher die Grundmauern errichtet sind, zu erreichen vermag, so wird das Gebäude, sobald das im Boden befindliche Wasser gefriert, in Folge der starken Ausdehnung des letzteren gehoben und beim Schmelzen des Eises und der damit verbundenen Volumverminderung tritt ein Sinken des Baues ein, welches, wenn die Senkung an den verschiedenen Theilen des Gebäudes eine ungleichmässige ist, den Einsturz des letzteren zur Folge haben kann. Bei uns dringt die Gefriertemperatur selten 1 Meter tief in den Boden, so dass durch dieses Maass die nothwendige Tiefe der Fundirung im Allgemeinen bezeichnet ist.

Wenn die Grundmauer in grössere Tiefe geführt wird, kann die Schicht unter der Fundirung nicht so leicht seitlich ausweichen, wie dies nahe an der Oberfläche der Fall ist. Die Fundamentsohle muss daher um so tiefer zu liegen kommen, je stärker die darunterliegende Erdschichte durch das Gebäude belastet wird. Man kann jedoch auch durch Verbreiterung der Fundamentsohle den Druck des Gebäudes auf eine grössere Fläche vertheilen und dadurch die Belastung des Bodens pro Flächeneinheit verringern.

Die Untersuchung des Baugrundes ist bereits oben erörtert. Es ist jedoch noch zu erwähnen, dass dieselbe an zahlreichen Punkten des Bauplatzes ausgeführt werden muss, weil die verschiedenen Bodenschichten nicht immer in parallelen Lagen über einander liegen, sondern oft unter wechselndem Winkel gegen den Horizont geneigt sind, weshalb häufig eine Abwechselung der verschiedenen Erdarten in einer und derselben Tiefe stattfindet.

Auf einem grossen Bauplatz kann eine Stelle guten und reinen, die zunächst gelegene aber schlechten und unreinen Baugrund haben. Die Bohrungen dürfen namentlich an jenen Punkten des Bauplatzes nicht unterlassen werden, welche durch die Fundirung stark belastet werden sollen, was bei freistehenden Gebäuden besonders auf den Eckpunkten der Fall ist.

Die Bohrungen müssen auch genügend tief geführt werden. Wenn verschiedenartige Bodenschichten übereinander liegen, kann es vorkommen, dass ein guter und fester Boden über einer weicheren schlechteren Bodenschichte liegt und genügende Tragfähigkeit besitzt, wenn das Fundament nicht unter die Hälfte der Schicht zu liegen kommt, während dagegen das Gebäude einsinken würde, wenn die compakte Schicht zum grössten Theil durchschnitten wird.

Die Mächtigkeit, welche eine Erdschicht haben muss um Gebäude sicher tragen zu können, ist je nach der Beschaffenheit des Bodens verschieden. So besitzt z. B. ein gewachsener grobkörniger Sandboden bei 2—3 Meter Mächtigkeit der Schichte, eine aus Thon oder Thon und Sand bestehende Bodenschichte bei 3—4 Meter Mächtigkeit ausreichende Tragfähigkeit für die schwersten Bauten, selbst dann, wenn diese Schichten über lockerem weniger tragfähigem Boden liegen. Jeder Baugrund, auch ein sehr schlechter, kann durch Sandschüttungen tragfähig gemacht werden, da diese das seitliche Ausweichen des zwischen ihnen liegenden flüssigen Bodens (Moor, Morast u. s. w.) verhindern.

Die Tragfähigkeit des Bodens wird durch Probebelastungen ermittelt. Nach dem Ausheben der Baugrube werden rechteckige Steine mit ebener Fläche auf den Grund gelegt und mit schweren Gegenständen belastet. Sobald kein weiteres Einsinken erfolgt, lässt sich die Tragfähigkeit des Bodens pro Flächeneinheit aus der Grösse der belasteten Fläche und dem Gewichte der Belastung entnehmen. Solche Untersuchungen sind besonders dann nothwendig, wenn sich in der Umgebung des Baugrundes keine Gebäude befinden, so dass Erfahrungen über die Tragfähigkeit des Bodens nicht vorhanden sind.

II. Das Material für Grundmauern.

Vom hygienischen Standpunkt aus ist harter, undurchlässiger Stein zur Herstellung der Grundmauern am geeignetsten. Dabei ist vorausgesetzt, dass die Grundmauer auf beiden Seiten von Erdreich umgeben ist, d. h. ganz im Boden steht und keine bewohnten Räume umschliesst.

Bei Verwendung von Backsteinen und porösen natürlichen Steinen, sind besondere technische Massnahmen nöthig, um die Mauer und die Binnenräume gegen Feuchtigkeit zu schützen.

Den Anforderungen der Härte und Undurchlässigkeit entsprechen vorzugsweise die krystallinischen Felsarten und unter diesen besonders diejenigen, deren Hauptbestandtheil Kieselsäure ist, wie Granit, Gneiss, Quarz, Syenit, Porphyr u. s. w.

Da aber über die Wahl hauptsächlich die Billigkeit entscheidet, so werden die weniger geeigneten klastischen Gesteine ebenso häufig für Grundmauern verwendet, wie die krystallinischen. Die Eigenschaften der Baumaterialien und die Methoden der Untersuchung derselben sind im vierten Kapitel zusammenhängend erörtert; hier sind

nur diejenigen Bausteine, welche ihrer grossen Verbreitung wegen bei uns am häufigsten gebraucht sind, und vorzugsweise zu Grundmauern verwendet werden, hinsichtlich ihrer Brauchbarkeit zu diesem Zwecke kurz zu charakterisiren.

Die verbreitetsten natürlichen Bausteine sind bei uns: Sandsteine, Kalksteine, Granit, Gneiss, Quarz und Schiefer.

Von den klastischen Gesteinen wird am häufigsten der Sandstein als Bau- und Grundmauerstein verwendet. Er besteht aus feinen Quarzkörnchen, welche durch ein kaolinisches, thoniges, kieseliges oder eisenschüssiges Bindemittel zusammengehalten werden.

Die Dauerhaftigkeit des Sandsteines hängt namentlich von der Qualität des Bindestoffes ab, da die Quarzkörner selbst von den in der Natur wirkenden chemischen Stoffen nicht angegriffen werden. Die mit kieseligem Bindemittel sind die härtesten Sandsteine, sie sind vor jedem zeitlichen Verfall gesichert, während solche mit kaolinischem, mergeligem und thonischem Bindemittel nur mit Vorsicht zu verwenden sind. Die meisten Arten absorbiren viel Wasser und bedürfen daher als Grundmauersteine Schutz gegen die Bodenfeuchtigkeit. Sehr zu beachten ist, dass die Sandsteine in der Grundmauer auf ihr Lager, das sie im Bruche hatten, gelegt werden müssen. Geschieht dies nicht, dann bilden sich Risse und Spalten im Stein, in welche Wasser eindringt, das die Verwitterung begünstigt. Die Farbe des Sandsteines rührt von Eisen her, welches in seinen verschiedenen Oxydationsstufen, den Stein gelb, roth, braun oder grün färbt. Sandsteine mit grösserem Eisenoxydulgehalt verwittern leicht und sind daher zu Grundmauersteinen nicht geeignet. Kalksteine (besonders als kohlensaurer Kalk) variiren sehr im Grade der Porosität, absorbiren alle viel Wasser. Der kohlensaure Kalk ist in kohlensäurehaltigem Wasser leicht löslich, weshalb die Kalksteine, die auch durch Humussäuren angegriffen und durch eindringende Wurzelfasern, sowie durch pflanzliche Parasiten zerstört werden können, keine guten Grundmauersteine abgeben. Immerhin wiederstehen die reinen kohlensauren Kalksteine und auch die reinen Dolomite den Verwitterungseinflüssen lange; bei Kalksteinen, welche eine Mischung dieser beiden Arten darstellen, ist die Gefahr naheliegend, dass der kohlensaure Kalk zwischen den Dolomittheilen ausgewaschen und die Festigkeit u. s. w. des Steines dadurch allmählich verringert wird.

An Gebäuden, deren Grund- und Gebäudemauern aus solchen Steinen hergestellt sind, beobachtet man das Auftreten des Zerfalls besonders an der Erdoberfläche bis zur Höhe von 3 Metern. Die

Ursache dieser Erscheinung ist darin zu suchen, dass die Luft in den grösseren Städten einen erheblichen Gehalt an Säuren, namentlich an Kohlensäure und Schwefelsäure haben kann, welche insbesondere an solchen Stellen schädlich wirken, die durch aufsteigende Erdfeuchtigkeit oder infolge schlechter Ableitung des aufschlagenden und abtropfenden Regenwassers von Nässe durchzogen werden. Das aus kohlensaurem Kalk bestehende, in kohlensaurem Wasser leicht lösliche Bindemittel wird dann aus den Steinen allmählich ausgewaschen. In höheren Luftschichten ist dagegen die Verdünnung der genannten Gase so gross, dass sie auf die höheren Mauertheile nicht mehr schädlich wirken.

Um diese Gefahren zu beseitigen, pflegt man vielerorts die Steine vor dem Versetzen längere Zeit in heisses Leinöl einzutauchen, so dass dann das Wasser nicht mehr eindringen kann.

Die Pelite oder Thongesteine, Thonschiefer, Mergel u. s. w., aus thonigem Schlamm erhärtete Gesteine, sind in Deutschland ebenfalls in grossen Lagen vorhanden.

Diese Gesteine sind zwar im Allgemeinen undurchlässig, aber sehr häufig haben sie mit dem blossen Auge nicht sichtbare Risse und Sprünge, durch welche das Wasser eindringt, weshalb sie vor der Verwendung geprüft werden müssen.

Besonders geeignet zur Verwendung beim Baue der Grundmauer sind Pelite (Thongesteine, Mergel, Tuffe u. s. w.), welche einem hohen geologischen Druck ausgesetzt waren, wodurch sie alle Vorzüge der krystallinischen Gesteine erlangen und bewahren.

Die folgenden, den Eruptiv- oder krystallinischen Massengesteinen, sowie den krystallinischen Sedimentgesteinen zugehörigen Bausteine sind wegen ihrer grossen Widerstandsfähigkeit und Dauerhaftigkeit bei abwechselnder Trockenheit, Nässe und Frost, sowie ihrer Undurchlässigkeit wegen, zu Grundmauersteinen ganz besonders geeignet.

Gneiss, der Hauptmasse nach ein körnig schiefriges Gemenge von Orthoklas, Quarz und Glimmer, unterscheidet sich vom Granit nur durch seine faserige, unvollkommen schiefrige Structur. Diese durch lamellare Einlagerung bedingte Blätterung verdient Beachtung, weil durch dieselbe das Eindringen von Wasser ermöglicht wird.

Quarzfels bildet wegen seiner Unlöslichkeit in Wasser und Undurchlässigkeit einen sehr guten compakten Grundmauerstein, ebenso wie Quarzporphyr und andere hauptsächlich aus Kieselsäure bestehende Gesteine.

Das Gleiche gilt vom Granit, einem gleichmässig krystallinischem Gemenge von Quarz, Orthoklas, Glimmer, geringen Mengen

Hornblende und Plagioglas. Weniger widerstandsfähig gegen kohlensäurehaltiges Wasser sind Kalkfeldspath, Trachyte, Melaphyre u. a.

Frisch gebrochene Steine, welche noch Bruchfeuchtigkeit besitzen, dürfen nicht verbaut werden. Unter Bruchfeuchtigkeit versteht man das alle Poren frisch gebrochener Steine erfüllende Wasser, welches die Verwitterung u. s. w. der Steine begünstigt, wenn sie frisch in der Erde vermauert werden. Durch die Lagerung der Steine in der Luft verdunstet dieses Wasser und die Dauerhaftigkeit und Tragkraft des Steines wird erhöht, wenn es, wie bei den Kalksteinen, bei Sandsteinen mit kalkigem Bindemittel und anderen, doppeltkohlensauren Kalk gelöst enthält, welcher sich beim Verdunsten des Wassers in krystallinischer Form ausscheidet.

III. Fundirung in Wasser und in Sümpfen.

1. Fundirung auf Pfahlrost.

Ist man gezwungen in einen Boden zu bauen, welcher von Wasser durchtränkt und so weich ist, dass das aufgeführte Mauerwerk versinken würde, so muss das Gebäude auf hölzerne Unterlagen gegründet werden, welche man in liegende Roste und stehende oder Pfahlroste unterscheidet. Durch die eingerammten Pfähle wird in Folge der Reibung, welche der Boden auf sie ausübt, ein Widerstand erzeugt, der es ermöglicht selbst sehr losen Baugrund, der bis in grosse Tiefen unverändert dieselbe geringe Tragfähigkeit beibehält, vermittelst Pfahlrostgründungen zu überbauen. Meistens kommt jedoch der Pfahlrost bei Bodenarten mit ungenügender Tragfähigkeit in Anwendung, wenn unter denselben in einer Tiefe von 3—10 Meter compakte Schichten, Felsboden und dergleichen gelagert sind. In solchen Fällen kann man die Last des Gebäudes durch eingerammte Pfähle auf den festen Untergrund übertragen.

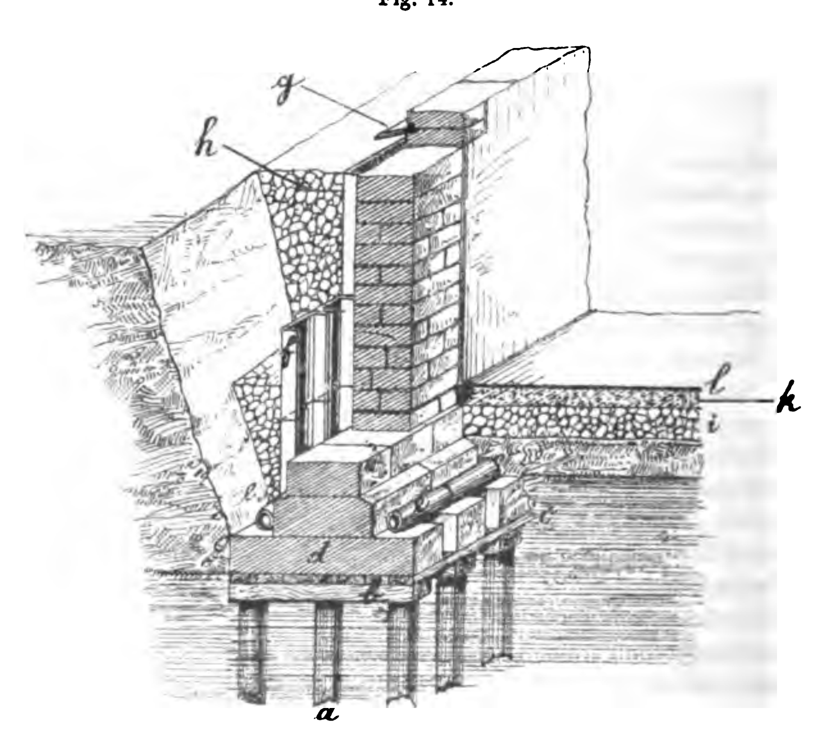
Die Rostpfähle haben eine mittlere Stärke von 26 Cm. und werden entweder eingerammt oder eingeschraubt. Die Schraubenpfähle können, da sie auf einer grösseren Basis aufstehen, auch im losen Boden grosse Lasten tragen.

Die Pfähle (Fig. 14a), welche mehr oder weniger tief in den compakten Baugrund eingreifen, werden durch aufgezapfte quer gelegte Planken (Schwellen) (Fig. 14b) in der Richtung erhalten und über diese wird ein Bohlenboden (Fig. 14c) mit hölzernen Nägeln aufgenagelt, worauf dann eine Lage langer Steine folgt (Fig. 14d), auf denen. die eigentliche Grundmauer erbaut wird. Diese muss,

damit die Pfähle stets gleichmässig belastet sind, durchweg in gleicher Höhe aufgeführt werden. Ueber der ersten, auf dem Holzwerk ruhenden Steinlage wird eine Reihe von 2—3zölligen Drainziegelröhren (Fig. 14e) entlang der Grundmauer und zwar sowohl längs der inneren als der äusseren Seite derselben angebracht, so dass das Grundwasser unter der Kellersohle und Fundamentmauer, aber über dem Holzwerk erhalten wird.

Die Holztheile müssen nämlich immer im Wasser stehen, weil sich Holz, welches in Wasser liegt und von der Luft abgeschlossen ist, sehr gut conservirt und seine Festigkeit und Tragkraft unverändert behält.

Fig. 14.



Wenn dagegen die Pfähle dem Wechsel von Nässe und Trockenheit im Boden ausgesetzt sind, werden sie durch Fäulniss bald zerstört und von der Last des Gebäudes zerdrückt. Deshalb müssen die Holztheile immer auch beim niedersten Grundwasserstand unter Wasser stehen. Gegen diesen Grundsatz wird oft gefehlt.

Wenn durch Canalisirung oder durch Flussregulirung das Grundwasser tiefer und das Holz der Pfahlroste freigelegt wird, dann beginnt dasselbe zu faulen und die Häusser setzen sich.

Um die praktischen Consequenzen dieser Thatsache zu beleuchten, genügt es auf die Erfahrungen hinzuweisen, die in Hamburg gemacht wurden, als die Stadt nach dem grossen Brande von 1842 wieder aufgebaut und canalisirt wurde. Ingenieur LINDE vertrat damals die Ansicht, dass die Pfahlroste der neuen Häuser tiefer gelegt werden müssen als dies früher der Fall war, weil die Drainirung eine Senkung des Grundwasserspiegels zur Folge haben müsse. LINDE drang mit seiner wohlbegründeten Ansicht nicht durch. Man baute wie man es früher gewohnt war. Die Pfahlroste kamen ausser Wasser, wurden faul und morsch und es verursachte enorme Kosten die gesenkten Häuser wieder zu unterfangen. In München hat man bei der Canalisation des Thales an der auf Pfahlrost gegründeten Allerheiligenkirche die gleiche Erfahrung gemacht. Diese lehrreichen Beispiele sollten von Hygienikern und Architekten nicht vergessen werden.

In gleicher Höhe mit den Drainziegeln wird längs der Aussenseite der Mauern bis zur Bodenoberfläche, durch rinnen- oder trogartig geformte Terracotta- oder Thonstücke (Fig. 14f) eine Hohlwand hergestellt, d. h. eine sogenannte Luftisolirschicht gebildet, wie man sie auch in besserem aber feuchtem Grund durch Doppelmauern gewinnt. Diese kasten- oder trog-ähnlichen Terracottastücke sind an ihrer Aussenwand mit Löchern versehen, damit das seitlich von Aussen aus dem Boden andringende Wasser durch diese hindurch und an der Innenwand hinablaufen kann. Dadurch wird verhütet, dass die eigentliche Grundmauer durch seitlich andrängendes Grundwasser benetzt wird.

In der Höhe der Bodenoberfläche werden an der Aussenseite der Mauer, in diese eingreifend, schräg nach abwärts gerichtete glasirte Terracotta- oder Steingutplatten (Fig. 14g) angebracht, welche die Aussenkante der eben erwähnten Hohlwand überragen und das Regenwasser verhindern, innerhalb der hohlen, von den Terracotta- oder Thonstücken gebildeten Schutzwand an der Grundmauer niederzurinnen.

Ein längs der ganzen Grundmauer ausgehobener, bis zur untersten Steinlage und den Drainröhren reichender Graben wird mit grobem Gerölle oder Steinschlag ausgefüllt, so dass das Regenwasser rasch versickert und in den Drain geleitet wird, ohne dass es in Berührung mit dem Mauerwerk der Fundirung gelangen kann.

Der sumpfige Boden der Kellersohle wird mit Brettern bedeckt und auf diese werden kleine Steinbrocken 25 Cm. hoch aufgefüllt (Fig. 14 i), worauf dann eine Betonschichte (Fig. 14 k) zu liegen kommt, die mit Asphalt (Fig. 14 l) überzogen wird.[1])

Man hat die letztere auch an der Innenseite der Kellermauer, nachdem dieselbe mit Cement geglättet worden war, hinaufgeführt, was aber aus später zu erörternden Gründen nicht nöthig ist.

2. *Fundirung auf Betonschüttung.*

Anstatt der im Vorausgehenden besprochenen Methoden der Fundirung in sumpfigem oder überhaupt schlechtem, wasserreichem Bauterrain wurden neuerdings Fundirungen auf Betonschüttung mit grossem Erfolg zur Ausführung gebracht, während zugleich die ersteren durch die Verwendung des Betons in mancher Beziehung vervollkommnet wurden. Durch die Betonfundirung ist man in der That im Stande, fast jede Bodenart genügend tragfähig zu machen, indem die Betonschicht den Druck des Mauerwerkes auf eine so grosse Bodenfläche überträgt, dass dieselbe pro Flächeneinheit nur einen Druck erhält, den die Bodenart, ohne zusammengepresst zu werden, noch sicher ertragen kann.

In neuerer Zeit hat man die Betonlage auf die ganze Grundfläche eines Hochbaues ausgedehnt mit der Absicht, gleichzeitig das Eindringen von Grundwasser durch die Kellersohlen, wie auch den Zutritt der Grundluft abzuhalten.

So sind z. B. die Nikolaikirche in Hamburg, die Börse und die Deutsche Bank daselbst auf solchem 2,5 resp. 1,5 Meter starkem Betonbett erbaut. Bei sehr ungünstiger Bodenbeschaffenheit, unterlagernden mächtigen Schichten von Moor- und Torfboden werden in Hamburg unter dem Betonbett, das dann von geringerer Stärke (= 1 Meter) sein kann, Grundpfähle eingerammt, und zwar schlägt man unter den Umfassungsmauern 2 Pfahlreihen, mit Abständen der Pfähle von 1 Meter.

Diese Gründungsweise ist als sehr solide und namentlich als sichernd gegen die sonst, bei ungleichmässiger Belastung oder grosser Bodenverschiedenheit vorkommenden Brüche der Betonplatte, anerkannt.

Der Beton-Pfahlrost, bei welchem man auf die eingerammten Pfähle eine Betonschichte so auflagert, dass die Pfahlköpfe etwa

1) Glenn Brown, Healthy foundations. The sanitary Engineer 1884. p. 31.

15 Cm. in den Betonkörper reichen, fand z. B. auch beim neuen Reichstagsgebäude in Berlin Anwendung.

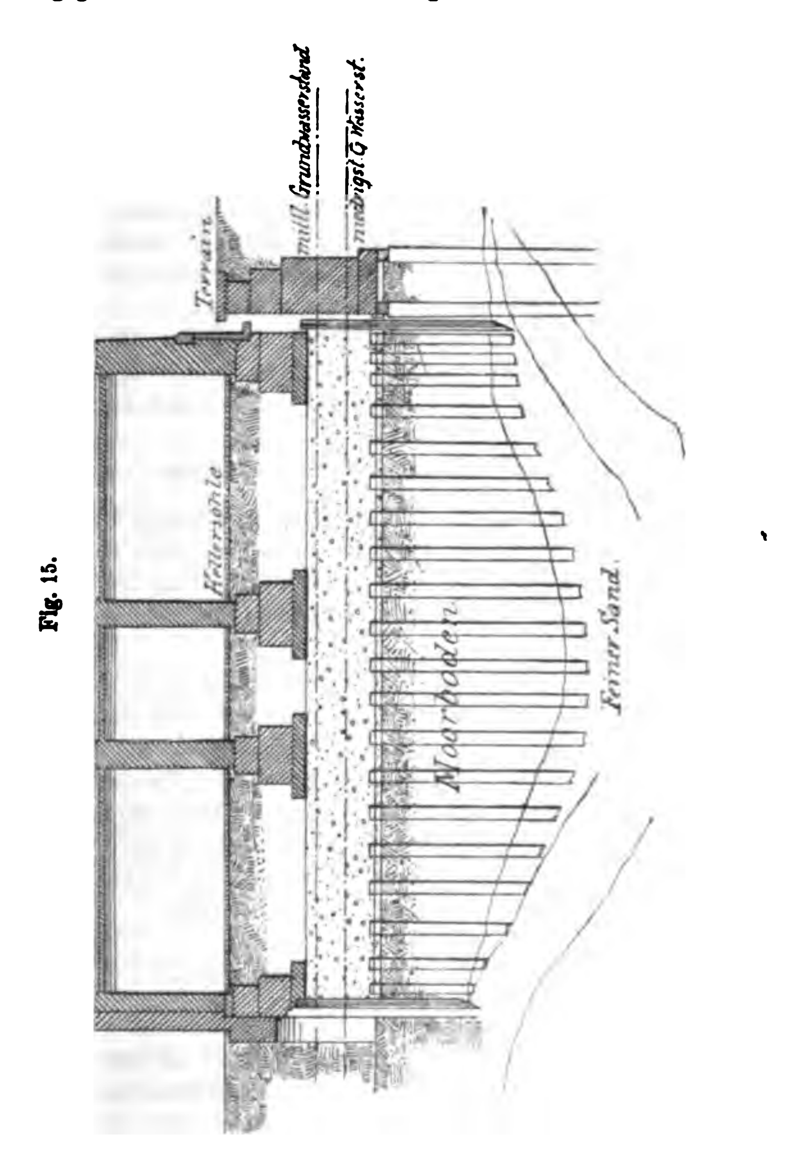


Fig. 15.

Die Betonschichte bildet dabei mit den Pfahlköpfen eine ebene Fundamentfläche, welche alles unterirdische Wasser von den Gebäudemauern fern hält.

Von noch grösseren Vortheilen in hygienischer Beziehung ist die Combination einer unter dem ganzen Gebäude durchgehenden Beton-Platte mit dem Beton-Pfahlrost. Das pharmakologische Institut in Berlin ist so fundirt.

Die Betonplatte (Fig. 15) ist 2 Meter dick. Die Baugrube wurde, nachdem das Einrammen der Pfähle beendet war, zwischen den letzteren ausgebaggert, die Pfähle unter Wasser, 90 Cm. unter dem niedrigsten Wasserstande, abgeschnitten und dann der Beton eingebracht. Die das Gebäude umgebende Futtermauer soll die durch den Strassenverkehr verursachten Erschütterungen fernhalten; deshalb durfte ihr Fundament, das aus einem gewöhnlichen Pfahlrost besteht, mit dem des Gebäudes in keinem Zusammenhang stehen [1]).

In Triest hat man neuerdings den liegenden Rost mit Betonschüttung angewendet, was sich bei dem bis 30 Meter Tiefe aus Meerschlamm bestehenden Untergrund gut bewährt hat.

3. Fundirung auf Sandschüttung.

Da eine Sandschicht von hinreichender Mächtigkeit den auf dieselben ausgeübten senkrechten Druck auf ihre ganze Grundfläche in ähnlicher Weise wie die Betonschüttung vertheilt, so hat man weichen sumpfigen Baugrund auch durch Sandschüttung für die Fundirung geeignet gemacht.

So sehr sich diese Methode ihrer Billigkeit wegen bei Gebäuden, die nicht zum Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, empfehlen mag, so wenig eignet sie sich für Wohngebäude, da die nothwendigen Schutzmassregeln gegen Bodenfeuchtigkeit die Sandschüttung sehr vertheuern würden, weshalb die Betonschüttung, durch welche ein doppelter Zweck (Tragfähigkeit des Untergrundes und Verhütung der von Grundwasser bedingten Hausfeuchtigkeit) in denkbar einfachster Weise erreicht wird, immer den Vorzug verdient.

4. Fundirung auf Senkbrunnen.

Während die Luftdruck-Gründungen, d. h. die Fundirung im Wasser mittelst Caissons und Schwimmpfeiler (*Pneumatische Fundirung u. s. w.*) für den Hochbau geringeres Interesse besitzt, wird die Fundirung von Hochbauten auf Senkbrunnen statt des Pfahlrostes häufig und besonders in Städten angewendet, in welchen man keinen

1) Handbuch der Architektur von DURM u. s. w. III. Thl. Bd. I. 2. Abthlg. S. 316. Darmstadt 1886.

Pfahlrost rammen darf, weil dadurch die Nachbarhäuser gefährdet würden.

Hierbei wird zunächst ein Kranz aus doppelten, 3 Cm. starken, zusammengenagelten Brettern, nachdem das weiche Erdreich 2—2¼ Meter ausgegraben worden ist, wagrecht verlegt und darauf ein Brunnen, der die ringförmige Querschnittform der gewöhnlichen Pumpbrunnen besitzt, mit hydraulischem Mörtel aufgemauert, worauf der Brunnen, durch Ausgraben oder Ausbohren der Erde, namentlich am Rande, und durch Beschweren mit Eisenbarren oder erdgefüllten Tonnen gesenkt wird. Hat der Brunnen festen Grund erreicht, so wird er mit Mörtel und Steinen ausgefüllt, mit grossen Steinen übermauert und die einzelnen Brunnenpfeiler mit Bögen verbunden, auf welchen das Fundament des Gebäudes aufgeführt wird.

Um zu verhindern, dass Capillarwasser in den Fundamentmauern aufsteigt, macht man die Senkbrunnen und das Fundament bis über den Hochwasserstand aus Beton.

So wurde in der Rue Rochechouart zu Paris ein Haus aus 6 Geschossen, einer Mansarde über der Erde und 2 Kellergeschossen auf 42 Senkbrunnen aus Beton fundirt. Das Bauterrain war ein alter Steinbruch, der 5 bis 20 Meter hoch mit lockerer Erde überdeckt war. Die Senkbrunnen reichten 14 Meter unter Terrain hinab (Nouvelles annales de la construction 1871 p. 76 und Tafel 39—40). Die hygienischen Massregeln müssen sich hier auf die Verhütung der capillaren Wasserattraction in den Mauern beschränken.

IV. Grundmauern in gutem Grund.

Auch beim besten Baugrund muss die Fundamentsohle unter die Frostgrenze, also bei unseren klimatischen Verhältnissen mindestens 1 Meter tief gelegt werden.

Ist viel Grundwasser vorhanden, der Bauplatz aber nicht systematisch drainirt, dann sollte in der Baugrube vorerst eine Lage von Steinbrocken (Geröll oder Steinschlag) eingerammt werden (Fig. 16a). Dieselben bilden einen Drain unter der Grundmauer, dem man eventuell Ausfluss in Stein- oder Ziegeldrain (Fig. 16b) schafft, die das Grundwasser in den Strassencanal führen.

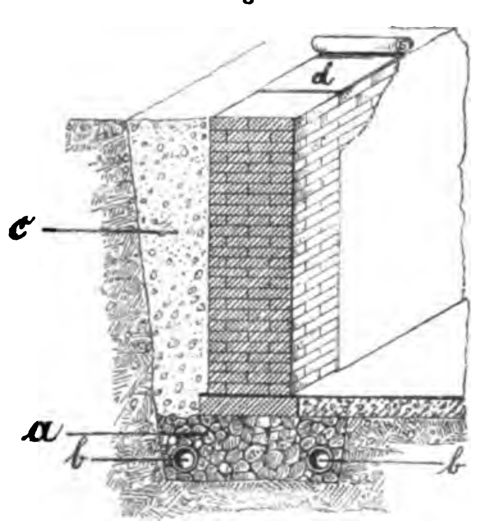
Dieser Steinbrocken- oder Ziegeldrain, welcher tiefer als die ersten Grundmauersteine liegt, kann auch anstatt unter der Grundmauer, neben derselben geführt werden.

Als Grundsatz gilt, wie bei allen Fundamenten, so auch hier, eine möglichste Verbreiterung des Fundamentes anzustreben, weil hierdurch eine bessere Vertheilung des Druckes herbeigeführt wird.

Es ist ein bei allen Constructionen gültiger Grundsatz, einen sich ergebenden Druck auf eine möglichst grosse Fläche zu übertragen, weil hierdurch eine geringere Belastung pro Quadrateinheit der Grundfläche erzielt wird.

Die erste Lage der Grundmauersteine muss also breiter sein, als die darauf zu erbauende Mauer, und diese Steine müssen undurchlässig sein und gleichmässig in eine dicke Lage weichen Mörtels verlegt werden. Legt sich der Stein nicht fest, so wird er eingerammt oder mit Sand umgeben, auf den man Wasser giesst, welches den Sand unter den Stein schwemmt, alle Unebenheiten, Risse u. s. w. ausfüllt und ihm eine feste Lage gibt.

Fig. 16.



Vor allen Dingen ist bei der Aufführung der Grundmauer darauf zu sehen, dass die Schichten horizontal liegen. Der Maurer erreicht dies dadurch, dass er an den Ecken Latten aufstellt, die mit einer Schichteintheilung (13 Schichten auf 1 Meter Höhe) versehen sind. Mit Hülfe dieser Schichteintheilung werden die Ecken aufgemauert, und nun ist es leicht durch Benutzung einer Schnur die horizontale Lage der einzelnen Schichten einzuhalten.

Geschieht die Aufmauerung nicht schichtenweise und überall in gleicher Höhe, dann können durch die ungleiche Belastung Berstungen des Mauerwerkes, der unter dem Fundament durchgeführten Isolirschichten (Beton) u. s. w. vorkommen. Bei der Wahl des Steinmaterials für Grundmauern ist, wie schon erwähnt, hinsichtlich der Undurchlässigkeit und Porosität die Frage entscheidend, ob die Grundmauern von beiden Seiten von Erde umgeben sind, d. h. ganz im Boden stehen, oder ob sie Keller und insbesondere Souterrainwohnräume einschliessen sollen.

Für erstere empfiehlt sich undurchlässiges Material, während in letzterem Falle poröse Steine, Backsteine und dergleichen anzuwenden sind.

1. Grundmauern aus natürlichen Steinen.

Bei Herstellung der Grundmauern aus Steinmaterial, welches seiner geologischen Abstammung nach als undurchlässig bezeichnet wird, ist gleichwohl jeder einzelne Stein zu prüfen und nur wenn er frei von Sprüngen befunden wird, zu verwenden. Im Uebrigen ist bei Herstellung der Grundmauern die ganze Sorgfalt auf die Fugen zu verwenden. Zur Erzielung eines guten Fugenschlusses ist es nöthig, dass der Stein gut in Mörtel eingebettet und nicht nur unten, sondern auch an den übrigen Contactflächen gut mit Mörtel umgeben ist.

Die Aussenseite der Fuge sollte immer abgeschrägt, d. h. die Spitze der Kelle derartig an der Fuge entlang geführt werden, dass die letztere eine Abwärtsneigung in einem Winkel von 45° erhält. An solchen abgeschrägten Fugen wird das Wasser von der Mauer weg in den seitlich oder unter der Mauer befindlichen Drain geleitet, ohne schaden zu können.

In constructiver Beziehung wird auch sehr oft der Fehler gemacht, dass der Maurer, um einen grossen Stein verwenden zu können, die Baugrube seitlich aushöhlt, anstatt den Stein, was etwas mehr Zeit und Mühe kostet, in richtiger Grösse zuzuhauen.

Diese im rechten Winkel zur senkrecht stehenden Mauer horizontal vorspringenden Steine fangen alles an der äusseren Mauerfläche niederrinnende Wasser auf und leiten es gegen die Fugen.

Den nöthigen Schutz gegen seitlich und von oben her sickerndes Bodenwasser erhält man auf einfachste Art dadurch, dass man die Baugrube etwa ½ Meter breiter macht als es die Dicke der Mauer erfordert. Nach Fertigstellung der Mauer wird der freie Raum zwischen Erde und Mauer mit Steinbrocken, reinem Gerölle oder Backsteinstücken (von neuen, noch nicht gebrauchten Backsteinen herrührend) ausgefüllt (Fig. 16 c).

Auf diese Weise wird aus dem Zwischenraum zwischen Erde und Mauer ein Auffangdrain gebildet, der das Grund- und Oberflächenwasser, ehe es in Contact mit der Mauer kommt, in den Drain (Fig. 16 a und b) leitet, welcher, wie schon erwähnt, unter der Grundmauer anzulegen ist.

Eine solche Geröllfüllung wird aber trotz der grossen Zweckmässigkeit, wegen der daraus erwachsenden geringen Mehrkosten, selten angewendet. Man füllt vielmehr gewöhnlich die aus den Fundamentgräben ausgeworfene Erde, sobald die Grundmauer fertig ist, wieder ein, oder man benützt zum Auf- und Hinterfüllen Bauschutt,

der mit löslichen organischen Stoffen stark imprägnirt ist und Holzspähne u. s. w. enthält. Dieses Letztere sollte aber unter allen Umständen unterbleiben; denn diese Füllung hält das Wasser sehr lange fest und es werden durch die sehr bald eintretende Fäulniss der Holztheile u. s. w. die löslichen organischen Stoffe vermehrt, dieselben imprägniren das Mauerwerk, welches schliesslich in Folge von Bacterien-Entwickelung und der in den Poren vor sich gehenden Zersetzungsprocesse Schaden leidet.

Sind die Bausteine undurchlässig, so wird die beschriebene Art der Fundirung alle hygienischen Anforderungen befriedigen. Sind die Steine durchlässig, so müssen die gleichen Schutzmassregeln Anwendung finden, welche in dem folgenden Kapitel für die Backsteingrundmauern beschrieben sind.

2. *Backsteingrundmauern.*

Backsteine werden weitaus am häufigsten zum Bau der Mauern und Grundmauern verwendet.

Da dieselben sehr porös sind, so müssen Vorkehrungen, zum Schutze der Backsteingrundmauern gegen Feuchtigkeit, getroffen werden, die sie von unten oder von der seitlichen Erdbedeckung aufnehmen können.

Nicht alle Backsteine sind zu Grundmauersteinen geeignet, sondern nur diejenigen, welche keinen zu hohen Grad der Porosität besitzen, weil bei Backsteinen mit geringerer Porosität sowohl die Druckfestigkeit als der Widerstand, welchen der Stein der lösenden und zerstörenden Wirkung des flüssigen und gefrierenden Wassers entgegensetzt, grösser sind.

Die Backsteingrundmauer sollte auf die schon erwähnte Steinschüttung gegründet und der Raum zwischen Mauer und Erdwall ebenfalls mit Steingeröll ausgefüllt werden (Fig. 16c). Wenn der Boden wasserreich ist, muss unter der Steinschüttung, auf welche die erste Lage Grundmauersteine zu liegen kommt, ein 1zölliger Ziegeldrain geführt werden (Fig. 16b oder Fig. 17a).

Besitzt der Baugrund eine geringe Tragfähigkeit, so muss, wie schon erwähnt, namentlich bei grossen und schweren Gebäuden anstatt der Steinschüttung eine Betonschichte angewendet werden. Um poröse Backsteingrundmauern trocken zu erhalten empfiehlt man, den betonirten Kellerboden mit Asphaltbekleidung zu versehen und diese durch die Grundmauer hindurch und an der Innenfläche der Kellerwand empor zu führen. Es ist aber unrationell und in vielen Fällen schädlich, wenn man so schablonenmässig und generell zum Schutze

gegen Mauerfeuchtigkeit in allen Fällen die Mauer mit einem luft- und wasserdichten Ueberzug versieht. Dieses Verfahren ist nur dann am Platze und von vorzüglicher Wirkung, wenn die Mauer keine bewohnten Räume begrenzt und ganz im Boden steht. Schliesst dieselbe aber Keller- oder Souterrainräume ein, dann muss man, wie bei jedem Naturvorgang, den man beherrschen und verhindern will, vor Allem die Ursache kennen, d. h. alle Möglichkeiten von Ursachen in Betracht ziehen, welche die Mauerfeuchtigkeit veranlassen können.

Die Fähigkeit der porösen Mauer, Feuchtigkeit von innen nach aussen zu transportiren und aussen abzudunsten, ist eine unschätzbare Eigenschaft, deren man sie oft in gedankenloser Weise, durch Cement- und Asphaltschichten, beraubt.

Wenn man den Kellerboden oder den Boden der Souterrainräume asphaltirt, und die Innenflächen der Mauern ebenfalls luftdicht abschliesst, indem man sie mit Asphaltschichten oder gar, wie es neuerdings empfohlen wird, mit dicken Glastafeln versieht, dann muss sich bei geschlossenen Fenstern und Thüren die grosse Menge des von den Menschen durch Athmung, Kochen, Waschen, Putzen u. s. w. erzeugten Wassers an der Innenwand, welche meistens die kälteste Fläche in der Wohnung darstellt, in flüssiger Form niederschlagen. Die Luft in einem solchen Raum müsste bald mit Feuchtigkeit gesättigt und der Aufenthalt darin höchst unangenehm, ja auf die Dauer unmöglich werden.

Besteht Gefahr, dass Feuchtigkeit von aussen nach innen durch die Grundmauern in die Wohnräume dringt, dann ist der Asphaltüberzug nicht das einzige Mittel dies zu verhindern.

Wir besitzen vielmehr eine Reihe von Methoden, durch welche man die Grundfeuchtigkeit von der Innenwand abhalten kann, ohne die werthvolle Function der Permeabilität zu beeinträchtigen.

Eine schon im Alterthume bekannte wirksame Methode, die Innenräume gegen Feuchtigkeit zu schützen, ist die doppelte oder hohle Grundmauer (Isolirungsmauer) (Fig. 17).

Anstatt einer einzigen werden zwei parallel laufende Mauern von der Kellersohle bis zur Terrainhöhe, mit einem Luftzwischenraume von 15 Cm. erbaut. An der Bodenoberfläche bleiben Oeffnungen, um die Reinigung zu ermöglichen.

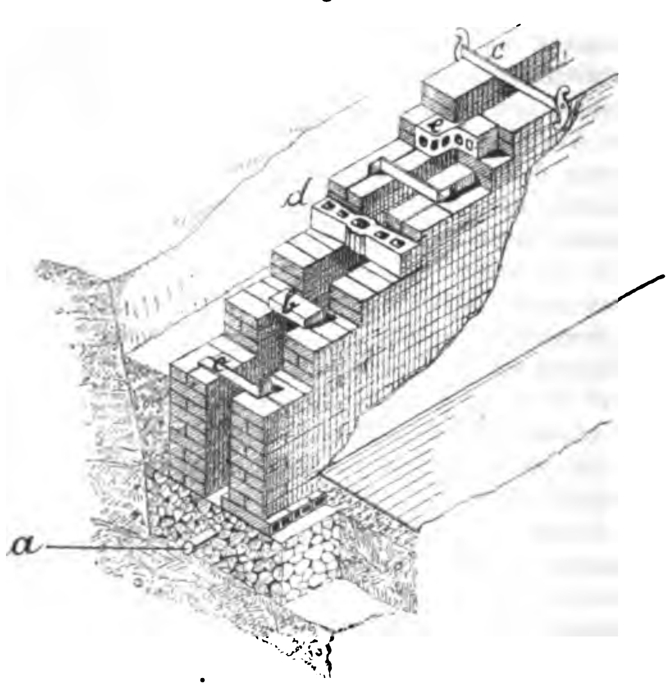
Beide Mauern werden durch eingebaute Ziegel- oder Eisenverbandstücke (Bindersteine; Fig. 17 b und c) zusammengehalten.

Besonders geeignet hierfür sind die Verbandsteine von Jennings (Fig. 17 d). Mit keilförmigen Enden versehen, haben sie festen Halt

in der Mauer und die Löcher im Mittelstück lassen das Wasser nach unten träufeln. Bei einem anderen Verbandstein von Jennings liegt der innere Theil des Verbandsteines 1 oder 2 Steinlagen höher als der äussere und verhindert so, dass das Wasser von aussen nach innen dringt (Fig. 17 e). Die gewöhnlichen in Deutschland gebräuchlichen Bindersteine müssen an den Köpfen, um das Eindringen von Feuchtigkeit zu verhüten, asphaltirt sein.



Fig. 17.



Die innere Mauer der Hohlmauer kann dicker sein als die äussere, weil dann eine geringere Masse von Backsteinen der Bodenfeuchtigkeit ausgesetzt ist, als wenn beide Mauern gleich stark oder die äussere dicker als die innere ist.

Bei Mauern, welche durch Balkenlagen stark belastet sind, ist diese Anordnung (dickere Mauern nach innen, Luftisolirschichte und dünne Mauer nach aussen) ohnedies erforderlich, und sie hat dann den weiteren Vortheil, dass die Luft vor den Balkenköpfen herstreicht und auf diese Weise die letzteren trocken hält.

Eine ähnliche Methode, wie die vorige, stellt die sogenannte Zwergmauer dar, welche aus einer einzigen Backsteinlage ca. 5—10

Cm. von der Hauptgrundmauer gebaut und durch Verbandsteine, die in regelmässigen Abständen angebracht sind, mit der ersteren verbunden ist. Um trockene Fundamente zu erhalten, kann man (wie es Fig. 18 zeigt) die Bodenfeuchtigkeit auch durch flache Bögen von der Mauer abhalten. Um die Zwischenräume zwischen Bögen und Mauern trocken zu erhalten, wird durch Canäle (Fig. 18) Luft zugeführt.

Fig. 18.

Zur Erzielung einer hinreichenden Luftcirculation, sollte die Isolirschicht in allen diesen Fällen mit einem erwärmten Abzugscanal in Verbindung gebracht werden, was in einfachster Weise dadurch geschieht, dass man das Rauchrohr einer Feuerung eine Strecke weit in diesem Abzugsrohr emporführt.

Wenn die Wahrscheinlichkeit besteht, dass die Grundmauern, welche einen Hauswirtschaftsraum einschliessen, durch die im Raume selbst erzeugten Wasserdämpfe feucht werden, so genügt es, durch Canäle in der Umfassungsmauer für Abführung und Zuführung der Luft zu sorgen. Erstere beginnen an der Decke und münden in der Umfassungswand aus; letztere beginnen am Sockel und münden am Boden des Souterrainraumes. Bei Waschküchen wird eine wirksame Ventilation dadurch erzielt, dass von der Decke aus ein ca. 30 Cm. weites Dunstrohr angelegt und zur Beförderung des Dunstabzuges das eiserne Rauchrohr der Feuerung in dieses Dunstrohr eingeleitet und ein Stück hinaufgeführt wird.

Die beste Methode, die Grundmauern gegen Feuchtigkeit zu schützen, ist die Anlage von Luftcanälen (*Areas* der Engländer und Amerikaner) längs der Mauer.

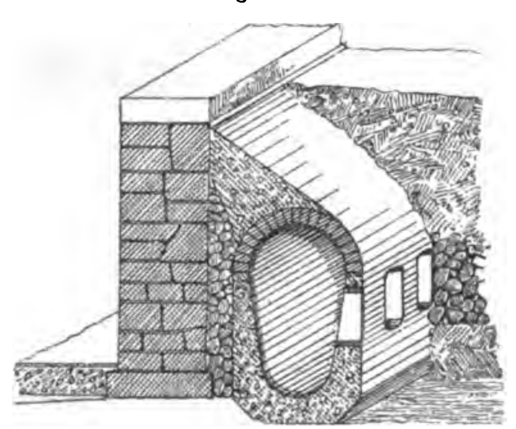
Man unterscheidet verdeckte Luftcanäle, welche oben mit der Grundmauer verbunden sind, und offene, welche mit den Gebäuden nicht zusammenhängen.

Viollet le Duc beschreibt eine Methode, welche selbst bei jenen im ersten Kapitel erörterten ungünstigen Lagen an Steilrändern u. s. w., wenn mächtige Grundwasserströme von höher gelegenem,

steilem Terrain gegen die Grundmauern des Gebäudes zusammenfliessen, von durchschlagendem Erfolg ist.

Der Luftcanal hat hier zugleich die Aufgabe, das vom Felsen oder von anderen undurchlässigen Terrainerhebungen kommende Wasser aufzufangen und fortzuführen (Fig. 19). Einige Centimeter von der Grundmauer entfernt wird längs derselben ein eiförmiger Canal gebaut, dessen Mauerwerk in den unteren ²/₃ aus Beton, im oberen Theil aus Backsteinen besteht.

Fig. 19.



Der Canal ist von der Grundmauer unabhängig und der ihn von dieser trennende Zwischenraum wird mit Steingerölle ausgefüllt. Das gleiche Material wird auf den Canal aufgeschichtet und mit einer schräg von der Baulinie nach der äusseren Wand des Canals laufenden Betonschichte bedeckt, welche das Oberflächenwasser von der Gebäudemauer weg und in den Canal führt.

Die von der Grundmauer entferntere äussere Wand des Conductes ist in ihrem mittleren Drittel von einer Reihe langer schmaler Oeffnungen oder Schlitze durchbrochen, gegen welche von aussen grobes Gerölle gehäuft ist und durch welche das Untergrundwasser in den Canal dringt, der es einem Bache, Strassencanal oder dergleichen zuführt. Wenn der Canal starkes Gefälle hat, kann auch die Grundmauer direct als Seitenwand des Canals dienen, was zwar weniger gut, aber billiger ist.

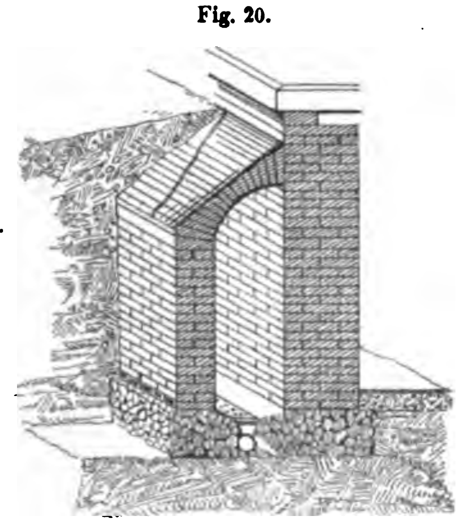
Eine andere Art bedeckter Luftcanäle wird, nachdem die Grundmauer aufgeführt ist, durch eine etwa 50 Cm. davon entfernte Parallelmauer hergestellt, welche auf derselben Betonschichte gebaut wird, auf der die Grundmauer ruht, nachdem die erstere etwa 80 Cm. seitwärts weiter geführt wurde (Fig. 20). Diese Parallelmauer von Backsteindicke wird bis zu geringer Entfernung unter der Oberfläche fortgeführt und im Bogen mit der Grundmauer verbunden.

Die obere Seite der diesen Bogen bildenden Backsteine wird mit einer Lage Asphalt oder Cement und Sand bedeckt, welche eine

schiefe Ebene darstellt und an der Baulinie beginnend mit der Grundmauer einen spitzen Winkel bildet. Sie führt alles Oberflächenwasser von den Mauern weg in den Untergrund.

Dieser Canal soll so gross sein, dass er begehbar ist. Die durch etwas grössere Dimensionen verursachten Kosten sind besonders mit Rücksicht auf die dadurch erzielten Vortheile sehr gering. Der Betonboden muss cementirt oder asphaltirt und gegen die Mitte, die eine Rinne bildet, abgeschrägt sein. Letztere ist, um das Eindringen von Ratten, Mäusen u. s. w. zu verhüten, mit einem gusseisernen Gitter bedeckt.

Fig. 20.



Die erste Backsteinlage der Parallelmauer wird von durchlochten Backsteinen gebildet, da es immer besser ist dem Untergrundwasser Abfluss in den Canal zu verschaffen, als es gegen die Mauer anzustauen.

Diese verdeckten Luftcanäle müssen selbstverständlich einen Einsteigschacht und mehrere Oeffnungen in die freie Luft, sowie womöglich Anschluss an einen erwärmten Dunstabzugscanal des Hauses haben.

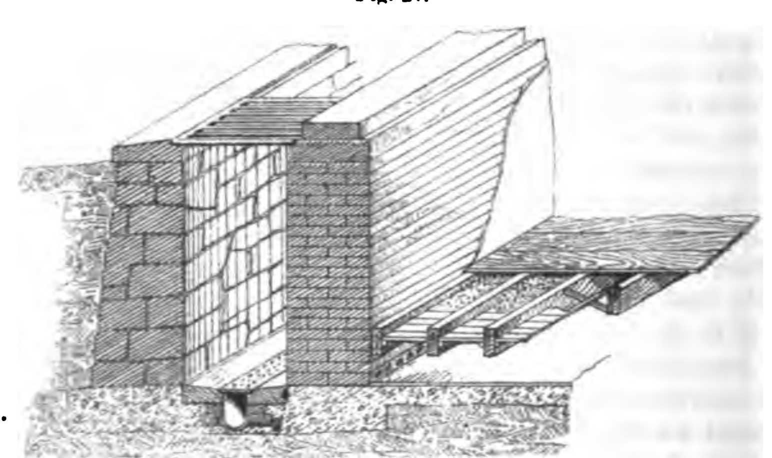
In England baut man die verdeckten Luftcanäle in Form kleiner Bögen mit sehr dünnen Mauern. Diese Methode ist aber nicht zu empfehlen, da sich alles mögliche Ungeziefer in diesen Canälen ansammelt und weil dieselben, namentlich an den Biegungen schwer zu reinigen sind.

Aus diesen und anderen Gründen ist den bedeckten Luftcanälen der offene Luftschacht (Fig. 21) entschieden vorzuziehen. Die Herstellung eines offenen Luftcanals ist die wirksamste Methode zur Verhütung oder Beseitigung der Feuchtigkeit von Grundmauern, weil dadurch die Grundmauer in ausgiebigstem Maasse der Einwirkung der atmosphärischen Luft ausgesetzt wird. Die offenen Luftcanäle werden genau ebenso gebaut wie die bedeckten, nur dass die etwa ½ Meter von der Grundmauer erbaute Parallelmauer in gleicher Linie mit der Bodenoberfläche endet, während sie sich bei den bedeckten Canälen in die Deckenwölbung fortsetzt.

Der Schacht wird durch ein offenes Gitter, welches in Canellirungen der Zwergmauer und in Steingürtel der Grundmauer eingepasst ist, gedeckt. Diese offenen Schächte sind der Einwirkung von Luft und Licht ausgesetzt und werden, da man sie immer vor Augen hat, besser rein gehalten als die verdeckten, die erfahrungsgemäss vergessen und vernachlässigt werden.

Sehr oft rührt, wie schon erwähnt, die Feuchtigkeit der Grundmauern nicht vom Bodenwasser, sondern von dem in der Wohnung producirten Wasser her, welches mit der Exspirationsluft ausgeathmet, beim Kochen verdampft wird oder welches beim Aufwaschen des Bodens verdunstet und an den kalten Mauern condensirt wird.

Fig. 21.



In solchen Fällen ist beispielsweise eine Asphaltirung der Aussenseite der Grundmauer nicht nur nicht nützlich, sondern geradezu schädlich, da sie den Durchgang des in der Souterrainwohnung condensirten Wassers durch die Mauer und das Abdunsten an der Aussenfläche verhindert.

Ist bei solcher Sachlage ein wasserdichter Verputz an der Aussenfläche vorhanden, so darf man keinen Augenblick zögern, denselben zu entfernen. Es soll dies an einem praktischen Fall erläutert werden:

In einem öffentlichen Gebäude wurde eine Kellerwohnung für den Hausmeister gebaut, nachdem der Architekt versichert hatte dieselbe so herstellen zu können, dass sie dauernd trocken bleibe.

Der Baugrund bestand aus Sand und Kiesgerölle. Der Architekt suchte sein Ziel dadurch zu erreichen, dass er 1. die Grundmauern des Hauses aussen mit Cementputz überzog, 2. dass er zunächst an die Grund-

mauer ganz groben Kies aufschüttete, damit allenfalls eindringendes Niederschlagswasser möglichst schnell in dem Grund versinken könne, und 3. dadurch, dass er ein Pflaster aus undurchlässigen Steinen mit Gefälle so verlegte, dass das Meteorwasser vom Hause weggeführt wurde.

Die Wohnung war denn auch beim Beziehen vollständig trocken, wurde aber innerhalb kurzer Zeit erst feucht, dann nass, so dass die Kleidungsstücke, besonders das Schuhwerk feucht, mit Schimmelvegetationen überzogen wurde und verdarb.

Bei genauerer Untersuchung stellte sich heraus, dass die Feuchtigkeit nicht von aufgeleitetem Wasser aus dem Erdreich, sondern nur von Condensationswasser aus der Luft der Wohnung herstammte.

Das von den Bewohnern exspirirte Wasser, und das beim Aufwaschen und Kochen verdampfte, hatte sich an den kältesten Theilen der Wohnung, an der Grundmauer, welche dem Erdreich direct anlag, niedergeschlagen. Die Feuchtigkeit nahm mit der Zeit immer zu, denn das Condensationswasser wurde nicht, wie es bei freistehenden Mauern der Fall ist, vom Mauerwerk absorbirt und an der Aussenseite verdunstet, sondern es wurde, weil an der Aussenfläche in Folge des Cementverputzes keine Verdunstung stattfinden konnte, in der Mauer aufgespeichert und erhielt dieselbe beständig feucht. Ganz besonders machte sich dies im Sommer fühlbar, zu welcher Jahreszeit die Luft an und für sich viel mehr Wasser enthält, als im Winter.

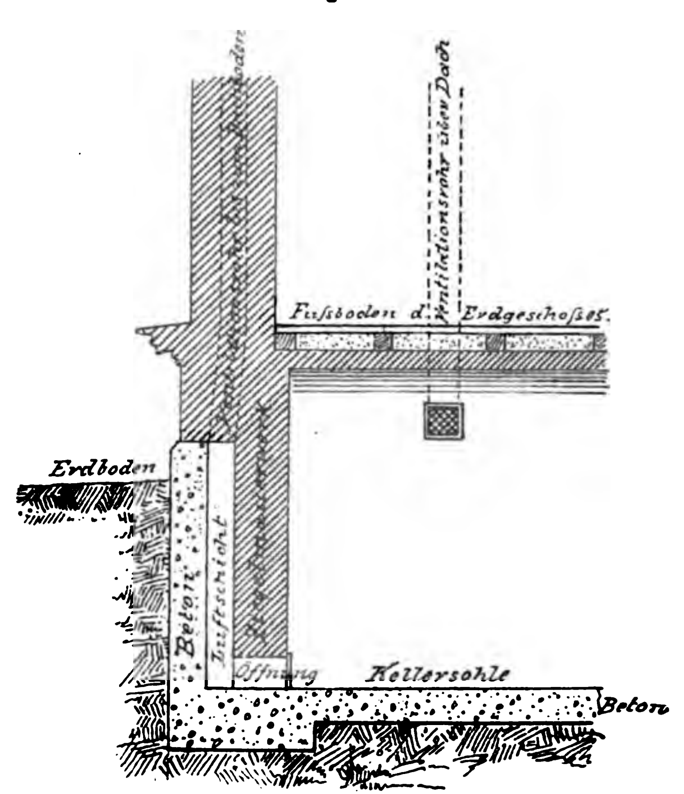
Als man diese Ursache der Feuchtigkeit erkannt hatte, war es leicht die Wohnung wiederum trocken zu machen. Es wurde entlang der ganzen Front der Wohnung das Erdreich ausgehoben, der Cementverputz der Mauer abgeschlagen und nun ein Luftschacht (unbedeckte area Fig. 21) errichtet, welcher die Wände vollständig freihielt, so dass sie beständig von frischer Luft bespült werden. Dieser Luftschacht besitzt eine genügende Weite, um einem Arbeiter darin die Bewegung zu gestatten, und reicht, wie oben beschrieben, von der Oberfläche des Terrains herunter bis unter die Sohle der Kellerwohnung. Der Sohle des Schachtes ist ein Gefälle gegeben, damit allenfalls sich ansammelndes Regenwasser oder Schmelzwasser von Schnee nicht stagnirt, sondern einen Abfluss erhält. Die Luftcirculation im Canal wird auch noch dadurch verstärkt, dass derselbe durch ein 15 Cbcm. weites glasirtes Thonrohr mit einem über Dach endenden Abzugsschacht in Verbindung gesetzt ist, der zeitweise durch eine Gasflamme erwärmt wird. Das Ende des Canals ist überdies noch von der Mauer 3 Meter entfernt angelegt und wird durch eine Art von Versitzgrube gebildet, in welche nur wenige Liter Wasser pro Jahr zum Versickern kommen, somit eine Gefahr der übermässigen Befeuchtung des Untergrundes vollständig ausgeschlossen ist.

Der Effect dieser Massnahme war vollkommen und prompt. In kurzer Zeit trocknete die Mauer aus und die Beschaffenheit der Wohnungsluft lässt nichts zu wünschen übrig. Der Bewohner der feuchten Wohnung ging an einer Nierenentzündung zu Grunde, während die Bewohner der trocken gelegten Räume seit Jahren gesund sind.

Wo die Anlage solcher Luftschachte nicht möglich ist, wie an den Nachbargrenzen, oder die Einlösung des betreffenden Strassen-

grundes sehr theuer kommt (z. B. in Wien), wird eine von Architekt NUSSBAUM[1]) vorgeschlagene Modification der Herstellungsart Anwendung finden können (Fig. 22). Soweit der Erdboden reicht, ist das Gebäude durch eine undurchlässige Schicht geschützt, welche von den in durchlässigem Mauerwerk aufgeführten Umfassungswänden durch eine 5—10 Cm. breite Luftschicht getrennt wird. Von der

Fig. 22.



letzteren geht in jedem Mauerpfeiler ein Ventilationsrohr von möglichst grossem Querschnitt bis zum Dachboden, wo es wie im Keller eine gleich grosse Oeffnung nach innen erhält, während an anderen beliebigen Stellen in Innenmauern der Kellerräume (womöglich neben Schornsteinen) andere Ventilationsrohre von ähnlichem oder gleichem Querschnitte über Dach geführt werden. Durch diese einfache An-

1) Ueber Kellerfeuchtigkeit von CHRISTIAN NUSSBAUM, Architekt. Gesundheits-Ingenieur. 1887. S. 327 ff.

lage wird eine stetige Durchlüftung des Kellers, sowohl wie der Luftschicht in den Umfassungsmauren erzielt, ohne gleichzeitig eine wesentliche Temperaturveränderung der Kellerräume hervorzurufen, wie es z. B. der Fall sein würde, wenn die Luftschicht oberhalb des Erdbodens Oeffnungen ins Freie hätte. Die Feuchtigkeit aber wird von den porösen Umfassungsmauern aufgenommen und zum Theil durch das oberhalb des Erdbodens befindliche gleiche Mauerwerk nach aussen zur Verdunstung gebracht, zum Theil in Folge der Durchlüftung fortgeführt.

Durch solche oder eine ähnliche Herstellungsweise wird man trockene Keller erzielen, deren Luft von der des Bodens unabhängig ist. Immerhin ist aber die Herstellung einer solchen guten Unterkellerung theurer als die bisheriger Kelleranlagen. Besser ist es, wenn möglich auf die Herstellung von Kellerräumen ganz zu verzichten und zwischen dem ganzen Erdgeschoss einschliesslich der Mauern eine für Luft und Wasser undurchlässige Beton- oder Asphaltisolirschichte herzustellen. Die meisten Keller der Zinshäuser sind zudem für Vorrathsräume ungeeignet und dienen meist nur zur Aufbewahrung der Brennstoffe. Für diese aber lässt sich entschieden billiger ein mit Abtheilungen versehener, luftiger Schuppen im Hofe der Gebäude herstellen, in welchen die Brennstoffe trocken bleiben, während Kellerfeuchtigkeit ihre Brennbarkeit verringert. Speisekammern oder sogar schon lüftbare Speiseschränke genügen aber völlig den Bedürfnissen. Dieselben sind ohne grosse Kosten durch Anwendung schlechter Wärmeleiter zu den Wänden und Zwischendecken bezw. zu deren innerer Verkleidung, sowie durch einfachste Ventilation trocken und geschützt vor Temperaturdifferenzen herzustellen und erfüllen so den Zweck, die Speisevorräthe in ihnen längere Zeit vor dem Verderben bewahren zu können, weit besser, als feuchte, an Schimmelpilzen reiche Kellerräume, während ihre Lage für die Haushaltung grössere Bequemlichkeit bietet.

Die meisten der vorerwähnten Methoden sind, wie der soeben erwähnte Fall zeigt, auch anwendbar, wenn es sich darum handelt eine feucht gewordene Grundmauer trocken zu legen.

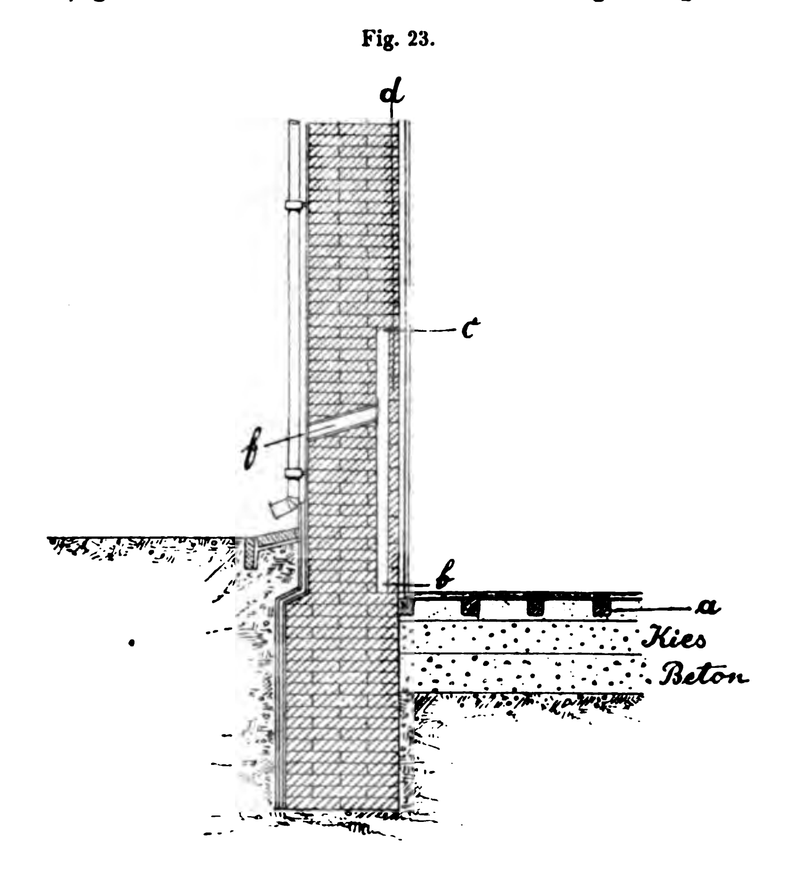
In dieser Beziehung verdient auch das folgende, je nach den Umständen zu modificirende Verfahren Erwähnung.[1])

Sind in dem trocken zu legenden Gebäude keine Keller vorhanden, so hebe man ein Brett aus dem Fussboden aus und untersuche das unter demselben befindliche Füllmaterial. (Fig. 23 stellt

1) Vgl. A. Keim, Die Feuchtigkeit der Wohngebäude. Wien, Verlag von Hartleben. 1882. S. 63 u. 64.

eine zu entfeuchtende Wand eines Parterre-Locales dar, woselbst der Fussboden unter dem Niveau der Strasse gelegen und im Hause selbst keine Keller vorhanden sind.) Ist das Füllmaterial stark feucht, so ist der ganze Boden und die Füllung 0,6—0,8 Meter tief herauszunehmen. Alsdann wird eine Betonschichte angebracht und mit trockenem, reinem, groben Kies bis zur Höhe der Balkenlager (Fig. 23) auf-

Fig. 23.



gefüllt; diese selbst aber lege man in trockene Infusorienerde (Fig. 23 Linie a) und fülle auch den Zwischenraum zwischen der Kiesoberfläche und dem Bretterboden in der ganzen Stärke der Lager damit aus. Nachdem die Wände, wie in Folgendem angegeben, trocken gelegt sind, wird der Fussboden verlegt.

Von Linie b bis c (Fig. 23) wird das Mauerwerk der ganzen Länge der trocken zu legenden Aussenwand bis auf 1—2 Meter Höhe, 12—14 Cm. stark ausgebrochen und mit der inneren Wand egal eine

Schicht von gestellten guten Backsteinen (Fig. 23 Linie d) aufgeführt. Dadurch entsteht in der Mauer ein hohler Raum, welcher durch Oeffnungen von 5—8 Cm. Durchschnittsmaass mit der freien Luft in Verbindung zu bringen ist (Fig. 23 Linie f). Solche Luftzüge sind mehrere an einer Mauer in der Entfernung von 3—4 Meter von einander anzubringen, so dass das Mauerwerk in der Mitte stets von frischer Luft durchzogen und ausgetrocknet werden kann. Eine solche Mauer würde im Winter sehr kalt sein. Um dem entgegenzuwirken wird an der Innenfläche der Mauer eine Isolirschichte dadurch angebracht, dass nach dem Trocknen der den Luftraum abschliessenden Backsteinlage, 2—4 Cm. starke Mauerlatten in senkrechter Richtung angenagelt und mit Mauerhaken befestigt werden. Auf diese Mauerlatten werden Thonplatten befestigt, und der zwischen Mauer und Thonplatten entstehende Raum wird mit einem schlechten Wärmeleiter, am besten mit Infusorienerde (Kieselguhr) ausgefüllt. Anstatt der porösen Thonplatten kann man auch eine Isolirschichte aus Hohlziegeln oder Holz anbringen.

Durch Erforschung der Ursachen der Mauerfeuchtigkeit wird man immer zum Ziele kommen, wenn man sich bewusst ist, dass alles nur darauf ankommt, die normale Function der Mauer, welche sie der Porosität verdankt, zu erhalten, oder wieder herzustellen. Von diesem Grundsatz aus wird man auch zu einem richtigen Urtheil über den Wust von Recepten zu Mitteln und Schmieren gegen Mauerfeuchtigkeit, welche Reclame und Scharlatanismus täglich auf den Markt bringen, gelangen, ohne dass es nöthig ist, durch probeweise Anwendung derselben Mühe und Geld zu vergeuden.

3. Undurchlässige Bekleidung der Grundmauern und wasserdichte Einlagen.

Es gibt sehr zahlreiche Mittel, durch welche das Eindringen von Wasser in die Grundmauer verhütet werden kann.

Man hat emaillirte oder glasirte Backsteine angewendet und die Fugen in Asphalt, oder in mit feinem Sand vermischten Portlandcement gelegt. Diese Methode ist aber sehr theuer. In England wendet man vielfach die Verblendsteine von TAYLOR und DOULTON an oder in Cement verlegte Schiefer.

Am besten und billigsten sind Asphaltbedeckungen. Schiefer kann aus den Fugen rutschen, Cement rissig werden, während sowohl organische als mineralische Bitumen durch einen ziemlich hohen Elasticitätsgrad ausgezeichnet sind. Da Asphalt auf glatten Flächen

am besten haftet, so muss die Mauerfläche zuerst mit Cementmörtel verkleidet werden.

Wasserdichte Einlagen werden über dem Niveau der Bodenoberfläche angebracht (Fig. 16 d), um die höheren Mauertheile vor dem aus dem Boden oder der ungeschützten Grundmauer aufsteigenden Capillarwasser zu schützen.

In England benutzt man hierzu die schon erwähnten Taylor- und Doulton-Ziegel, welche in Asphalt und Sand oder Portlandcement verlegt, die ganze Mauerbreite decken. Die Löcher können zur Ventilation benutzt werden. Theuer aber gut sind auch Bleiplatten zu diesem Zwecke. Am besten hat sich auch hier Asphalt mit Sand gemischt in mehreren Centimeter dicken Lagen bewährt. Neuerdings verwendet man Asphaltplatten (Fig. 16 d), die bei absoluter Wasserdichtigkeit den Vorzug hoher Elasticität besitzen und durch Bestreichen mit glühendem Eisen wasserdicht miteinander verbunden werden können.

Portlandcement, der ebenfalls mit Sand vermischt, in mehreren Centimeter dicken Lagen verwendet wird, bricht leicht und verfehlt dann seinen Zweck.

Es kann übrigens nicht eindringlich genug hervorgehoben werden, dass man diese wasserdichten Einlagen nur im Nothfalle benutzen soll, wenn bei sehr wasserreichem Boden, aus irgend welchem Grunde, die oben erwähnten, weit besseren Methoden der Trockenlegung (Drainirung, Luftschächte längs der Grundmauer u. s. w.), nicht in Anwendung kommen können.

Wenn man nämlich in einer Reihe von Fällen nasse Wände untersucht, so findet man, dass es sehr selten vorkommt, dass Wasser aus dem Boden capillar aufsteigt. Dies ist nach den reichen Erfahrungen v. Pettenkofer's überhaupt die seltenste Ursache von Mauerfeuchtigkeit.

Der Effect der Isolirschichten aus Asphaltmörtel, Bleiplatten u. s. w. ist nach v. Pettenkofer's Beobachtungen häufig ein sehr ungünstiger. v. Pettenkofer führt unter Anderen folgenden Fall an:

Als das Anatomiegebäude in der sehr tief gelegenen Veterinärschule zu München gebaut wurde, suchte man die Mauern durch Isolirschichten aus Asphaltmörtel gegen das Aufsteigen der Feuchtigkeit aus dem nassen Baugrund zu schützen. Als aber das Gebäude fertig war, zeigte sich im ganzen Umfang der Umfassungsmauern ein mehr als handbreiter nasser Streifen und zwar nicht mehr unter der Isolirschichte, sondern über derselben. Dies war offenbar dadurch bedingt, dass das beim Baue verwendete und durch den Anprall des Regens u. s. w. in die Mauer gelangte Wasser, welches in den Steinen nach unten sickerte, durch die Isolirschichte auf-

gehalten wurde. Die Feuchtigkeit der über der Isolirschichte befindlichen Mauer wäre verhütet worden, wenn man die Asphaltmörtel-Einlage weggelassen hätte.

Eine Wasserbestimmung ergab das Resultat, dass der Feuchtigkeitsgehalt der Mauer über und unter der Isolirschichte ganz der gleiche war.

Derartige Beobachtungen lassen den Werth dieser wasserdichten Isolirschichten, welche auf die Grundmauern verlegt werden, als sehr fragwürdig erscheinen. Offenbar functioniren die Poren und Capillargänge der Mauern so, dass sie Wasser nach unten führen, und die Isolirschichten wirken schädlich, weil sie den Abfluss dieses Wassers in den Boden verhindern.

Um Regen-, Schneewasser u. s. w., welches von der Wand des Gebäudes niederrinnt, von der Grundmauer abzuhalten, dienen Backsteinlagen, welche im Bodenniveau an der Mauer beginnen und in einem Winkel von 45° bis zu einer Entfernung von 50 Cm. von der Gebäudewand schräg in den Boden hinabgeführt werden. Dieselben sind mit der Mauer wasserdicht verbunden und mit in Cement verlegten Schiefern oder mit Asphalt und Sandmischung überkleidet.

4. *Der Kellerboden.*

Bis vor Kurzem hat man nicht nur das Eindringen von Feuchtigkeit durch die Kellerböden in das Haus für gefährlich erachtet, sondern auch das Einströmen von Grundluft durch die Kellersohle.

Das Eindringen von Wasser durch den Kellerboden werden alle für bedenklich halten, auch diejenigen, welche behaupten, dass die Lehre von der Abhängigkeit des Typhus und der Cholera vom Boden zu exclusiv sei, weil Typhus- und Cholerabacterien auch auf anderen Dingen, Kartoffeln, Nährgelatine u. s. w. wachsen können. Auch diese contagionistisch denkenden Bacteriologen geben zu, dass der Ausgang der Infectionen vom Boden, wenigstens in gewissen Fällen, eine Thatsache ist. Wenn diese Möglichkeit allgemein zugegeben wird, so muss man auch Vorkehrungen treffen, um zu verhüten, dass der Untergrund des Hauses, der Kellerboden ein Infectionsherd wird, d. h. dass sich daselbst pathogene Bacterien zu entwickeln vermögen.

Dies erreichen wir am sichersten durch einen vollständig luft- und wasserdichten Kellerboden. Wenn die Grundluft auch keine Spaltpilze mit sich führt, so ist es doch eine Thatsache, dass das capillar aufsteigende Wasser Spaltpilze an die Bodenoberfläche zu transportiren vermag, die sich auf einem feuchten Kellerboden, der Nährstoffe enthält, entwickeln und vermehren könnten.

Prof. HOFMANN hat darauf aufmerksam gemacht, dass Keime,

die auf oder unter den Baugrund eines Hauses gebracht und dem Einfluss des Regens u. s. w. entzogen sind, sehr hartnäckig ihren Platz behaupten und unter sonst günstigen Ernährungsbedingungen eine weitgehende Flächenverbreitung um so mehr erlangen, als extreme Abkühlungen während der Nacht und zur Winterszeit fehlen.

Durch die gestampften Lehmböden und die gewöhnliche Methode, den Kellerboden mit in Kalkmörtel verlegten Backsteinen zu pflastern, vermag man weder Luft noch Wasser abzuschliessen.

Besser sind in Cementmörtel verlegte und durch eine Cementlage bedeckte Kellerböden. Untersuchungen des Untergrundes von cementirten Abtrittgruben haben jedoch gezeigt, dass dieselben, obgleich der Boden aus einer doppelten Cement- und Backsteinlage bestand, durchlässig waren.

Cementirte Kellerböden sind also nicht absolut luft- und wasserdicht.

Sicherer lässt sich ein vollständiger Abschluss durch in Asphalt verlegte und mit einer Asphaltschichte überdeckte Backsteine erzielen, nachdem der gewachsene Boden (Baugrund) vorher mit einer 10—15 Cm. dicken Betonschichte bedeckt wurde, wie dies früher schon beschrieben ist.

Der Werth eines solchen Asphaltbodens tritt nirgends eclatanter hervor, als in den Gährkellern der Bierbrauereien.

Unter den gewöhnlichen Backsteinböden war der Untergrund der Gährkeller so hochgradig imprägnirt, dass der Kies schwarze Färbung zeigte und beim Aufgraben einen fauligen Geruch entwickelte. Der Verlauf der Gährung war häufigen Störungen ausgesetzt und die Hefe wurde leicht durch wilde Hefe oder Bacterien verunreinigt.

Seit Einführung der Asphaltböden ist jeder Geruch verschwunden, die Gährung verläuft regelmässig und die Hefe bleibt länger rein.

So gut durch einen Backsteinboden fremde Pilze in die Würze gelangen können, ebenso leicht werden Krankheitsbacterien, die sich im Untergrund entwickeln, in das Haus eindringen.

Es muss noch bemerkt werden, dass mit dem Namen Asphalt eine grosse Anzahl sehr ungleichwerthiger Materialien bezeichnet werden, in Folge dessen es vorkommt, dass sich Bauunternehmer einen grossen Gewinn dadurch verschaffen, dass sie vegetabilisches Pech, mit Kalk vermischten Gastheer u. dgl., statt Asphalt verwenden.

Asphalt wurde schon von den alten Culturvölkern zu Wasserbauten verwendet, und bekanntlich benutzten ihn die Aegypter bei der Conservirung der Mumien.

Die Asphalte sind entweder reine Kohlenwasserstoffe oder Gemenge von solchen mit mehr oder weniger sauerstoffreichen Verbindungen. In Washington, wo die Grösse der asphaltirten Boden-Quadratfläche die von allen anderen Städten der Welt zusammengenommen übertrifft, hat sich folgende Mischung am besten bewährt:

1. Mischung von 100 Theilen raffinirten Trinidat-Asphalt mit 20 Theilen Petroleumöl. . . .	15— 18	Theile
2. Kalksteinpulver	15— 17	„
3. Sand	70— 65	„
	100—100	Theile

Die aus dieser Mischung hergestellten Asphaltschichten bekommen nach den in Washington gemachten Erfahrungen in der Kälte von — 24° C. keine Sprünge und werden selbst bei directer Sonnenbestrahlung in einer Temperatur von + 71° C. nicht weich. An Dauerhaftigkeit ist Asphalt jedem anderen Substitut überlegen. Für Souterrainwohnungen, in denen selbstverständlich der Fussboden mit besonderer Sorgfalt hergestellt werden muss, sind Asphaltfussböden zu kalt. Am besten verlegt man die Fussbodenbretter auf Querbalken, welche direct in die Betonschichte eingebettet sind.

In Amerika wendet man für Souterrainwohnungen doppelten Fussboden mit dazwischen gelegtem Theerpapier an.

Fig. 21 zeigt einen ebendort gebräuchlichen Fussboden. Die Querbalken liegen auf der Betonschichte, 1/3 vom oberen Rand sind seitlich Latten angenagelt, auf welche entsprechend grosse Brettstücke gelegt werden. Es entsteht so ein Fehlboden, in dessen unteren Raum durch die perforirten Ziegel der Grundmauer Luft eindringen kann. Der obere Raum wird mit einem schlechten Wärmeleiter, z. B. mit Asbest, ausgefüllt und darüber die Fussbodenbretter verlegt.

Gegen Grundwasser, welches unter hohem Druck steht, lässt sich durch Beton- und Asphaltschichten nichts ausrichten. In diesem Falle kann die Kellerfeuchtigkeit nur durch gute Drainirung verhütet werden. Die Ausserachtlassung dieser Thatsache hat schon oft grossen Schaden verursacht, insofern die stärksten Asphalt- und Betonschichten vom Grundwasser durchbrochen werden können.

Um das Emporsteigen des Grundwassers durch die Kellersohle zu verhindern, werden in den Lehrbüchern der Architektur die umgekehrten und entsprechend gedichteten Gewölbe ganz besonders empfohlen. Aber auch hierdurch ist man nicht im Stande den Kellerboden wasserdicht zu halten und das Eindringen des Grundwassers zu verhindern. Die umgekehrten Gewölbe leisten zwar

dem Druck des aufsteigenden Wassers einen grossen Widerstand, aber in der Zeit, wo ein solcher Druck des Wassers von unten her nicht stattfindet, drücken dieselben mit ihrem ganzen Gewicht auf mehr oder weniger comprimirbaren Boden, sie senken sich ungleich und brechen in den Fugen, so dass das Wasser an vielen Stellen eindringen kann. Das Gleiche kann durch das Lagern ungleicher Lasten auf dem Kellerboden verursacht werden.

Die früher erwähnten Entwässerungsanlagen sind also allein im Stande, diesem schädlichen Einfluss des Grundwassers vorzubeugen.

Gegen das Aufsteigen der Bodenluft in das Haus hat man die Anlage einer Luftdrainage mit Erfolg versucht. Zu diesem Zwecke hat man längs der ganzen Ausdehnung des Gebäudes, in einer Tiefe von 20—30 Cm. unter der Kellersohle, kleine Canäle oder ganz poröse Thonröhren verlegt. Werden diese Canäle dann mit einem Schlote in Verbindung gesetzt, der in den Mittelmauern, am besten in der Nähe der Rauchfänge angebracht und bis über Dach geführt wird, so saugen dieselben die Bodenluft, welche stets kälter als die in den senkrechten Canälen ist, auf und zwingen diese über Dach auszuströmen, anstatt sich innerhalb des Gebäudes auszudehnen [1]). Wenn die Grundluft auch keine Spaltpilze oder Bacterienkeime mit sich führt, so ist sie doch schon aus dem Grunde aus Wohnräumen fern zu halten, weil sie gasförmige Zersetzungsproducte organischer Substanzen, z. B. Kohlensäure u. s. w., in erheblichen Mengen enthalten kann.

VIERTES KAPITEL.

Die Baumaterialien.

I. Mörtel.

Die Bedeutung der zur Verbindung und zum Verputz der Bausteine dienenden Bindemittel (Mörtel) ergibt sich schon daraus, dass sie einen sehr grossen Raumtheil des ganzen Mauerwerkes ausmachen. Die aus Backstein gebauten Häuser bestehen, wie man durch Abmessung der Mörtelfugen ermitteln kann, zum fünften bis sechsten Theil aus Mörtel.

Geringere Mörtelbänder als beim Ziegelbau treffen wir nur bei

1) Der Bau des Wohnhauses in sanitärer Richtung von Prof. Alfred Lorenz. Reichenberg 1883. S. 27.

Sandsteinbauten, die aus quaderförmigen Blöcken hergestellt sind. Aber auch bei diesen beträgt die Mörtelmasse $^1/_6 - ^1/_8$ vom Volumen der ganzen Mauer.

Die Anwendung des Mörtels ist für die hygienischen Functionen der Mauern, seiner hohen Porosität und Permeabilität halber von grösster Bedeutung. Man kann die Durchlässigkeit des Mörtels durch die Art der Bereitung desselben (Sand-, Wasserzusatz u. s. w.) in bestimmten Grenzen beliebig vergrössern oder vermindern.

Auch die grossen Unterschiede in der Permeabilität der Bausteine kann man durch Anwendung von mehr oder weniger Mörtel bis zu einem gewissen Grade ausgleichen, was von grossem Werth für die Bewohnbarkeit gewisser Gebäude ist.

So beträgt z. B. bei den aus fast undurchlässigen Kalkbruchsteinen hergestellten Mauern die Mörtelmasse, welche zur Ausfüllung der grossen Zwischenräume zwischen den unregelmässigen Stücken verwendet wird, geradezu ein volles Drittel des Volumens der ganzen Mauer. Nur durch diese reichliche Verwendung von Mörtel ist es möglich, aus diesen undurchlässigen Steinen trockene Wohnungen herzustellen.

Wie unentbehrlich der Mörtel zur Herstellung trockener Wohnungen ist, mag der folgende von v. Pettenkofer beobachtete Fall beweisen.

In der Nähe von Hochöfen werden sehr vielfach Hochofenschlacken als Baumaterial benützt. Diese Schlacken bestehen aus geschmolzenem Glas, welches zwar sehr leicht und porös, aber dennoch für Luft und Wasser undurchgängig ist, weil die Poren aus geschlossenen Blasen bestehen und keine den ganzen Stein durchsetzende Capillargänge vorhanden sind.

In einem bayrischen Hüttenwerk wurde aus solchen Schlacksteinen eine grosse Arbeiterkaserne hergestellt. Anstatt aber, wie es gewöhnlich geschieht, die Schlackenstücke zu behauen und die Zwischenräume mit Mörtel auszufüllen, wurden aus der Schlackenmasse, wie sie aus dem Hochofen fliesst, grosse Quader geformt, aus denen das Gebäude aufgeführt wurde. Die Menge des verwendeten Mörtels war in Folge dessen sehr gering. Die Arbeit ging rasch von Statten, und der Bau war sehr bald trocken und beziehbar. Aber kurz nachdem die Arbeiter eingezogen waren, fing es an ausserordentlich feucht zu werden, und zwar so, dass das Wasser überall an den Wänden herunterlief. Dabei war ein unangenehmer Geruch in den Gemächern und das Gebäude konnte sehr bald nicht mehr als Wohnhaus benutzt werden.

Das im Innern des Hauses durch den menschlichen Haushalt erzeugte Wasser, welches nicht in die Mauern eindringen und, wie es bei durchlässigen Mauern der Fall ist, nicht an der Aussenfläche abdunsten konnte,

war hier die einzige Ursache der Feuchtigkeit. Anstatt an Mörtel zu sparen, wäre in diesem Falle die Anwendung möglichst grosser Mörtelmengen angezeigt und von bestem Erfolg gewesen.

Die Anwendung des Mörtels reicht in die vorhistorische Zeit zurück. Das alte Ninive, die Ruinen von Babylon, lassen erkennen, dass man damals schon mit Lehmmörtel gebaut hat. Die in Gyps gehüllten Mumien, die Kalkmörtelbauten der Aegypter und die Wassermörtelverwendung bei den Römern zeigen, dass die Alten ein Geschick in der Naturbeobachtung und denkenden Verwerthung der Erfahrungen besassen, das wir bewundern müssen.

Der bei unseren Bauten gewöhnlich verwendete Mörtel heisst **Luftmörtel**, weil er an der Luft durch Anziehen von Kohlensäure aus derselben, unter Bildung von kohlensaurem Kalk erhärtet.

Mörtel, welcher im Wasser erhärtet, heisst **hydraulischer oder Wassermörtel.**

1. Bereitung des Luftmörtels.

Die richtige Bereitung des Luftmörtels ist neben ihrer grossen Wichtigkeit in bautechnischer Beziehung auch von hygienischer Bedeutung. Der römische Staat hielt die sorgfältige Bereitung des Mörtels für so wichtig, dass er eigene Aufsichtsbeamte, Aedilen und Censoren, zur Ueberwachung der Mörtelbereitung bestellte.

a) Brennen des Kalkes.

Der in der Natur vorkommende kohlensaure Kalk wird in Meilern oder Oefen, von welchen die letzteren durch Gas und Generatorgasfeuerung, sowie durch Constructionsverbesserungen sehr vervollkommnet wurden, der Rothglühhitze ausgesetzt, wodurch Wasser und Kohlensäure ausgetrieben und Aetzkalk (Calciumoxyd) gebildet wird. Kalk, welcher zu wenig gebrannt ist, gibt einen schlechten Mörtel, der durch Volumveränderungen, Risse und Berstungen des Mauerwerkes zum Mindesten ein Abblättern desselben verursacht.

Da der gebrannte Kalk an der Luft Wasser und Kohlensäure annimmt, so muss er frisch verwendet oder in Fässern oder Gruben u. dgl. aufbewahrt werden.

b) Löschen des Kalkes.

Der gebrannte Kalk (CaO) wird durch Aufgiessen von soviel Wasser, als derselbe aufzusaugen vermag, **gelöscht**, wobei er sich sehr stark erhitzt, Wasserdampf abgibt und in Kalkhydrat umgewandelt wird, welches ein weisses, feinkörniges Pulver darstellt.

Gibt man während der Bildung des Kalkhydrats noch Wasser zu, so entsteht unter bedeutender Volumvergrösserung der Kalkbrei, wie er sich in den Kalkgruben findet, eine Mittelform zwischen Lösung und festem Zustand. Der Wasserzusatz soll genau bemessen werden. Gibt man zu wenig Wasser zu, so bildet sich blos ein weisses Pulver, gibt man zu viel zu, so bildet sich die Flüssigkeit, welche man Kalkmilch nennt. Die nöthige Wassermenge lässt sich leicht ermitteln, wenn man zu 50 Grm. Kalk im Becherglas allmählich Wasser zugibt, bis ein Kalkbrei entsteht, in welchem ein Glasstab aufrecht stehen bleibt. Reiner Aetzkalk nimmt auf 50 Grm. 580 Grm. Wasser auf. Unvollkommen gelöschter Kalk verursacht Volumveränderungen des daraus erzeugten Mörtels, durch welche grosse Gefahren, ja sogar die vollständige Zerstörung der damit aufgeführten Gebäude veranlasst werden können. Solche Gefahren entstehen auch dann, wenn der frische Kalkbrei schon am Tage seiner Bereitung zu Mörtel verarbeitet und vermauert wird.

Der Kalkbrei muss vielmehr, um eine vollständige Hydratisirung zu erzielen, in einer Grube mit durchlässiger Sohle einige Zeit „eingesumpft" und mit Sand bedeckt werden, weil dadurch zugleich ein grosser Theil der wässerigen, im Kalkbrei enthaltenen Lösung von Alkalien und Salzen, welche leicht zu Auswitterungen am Mauerwerk Veranlassung geben, versickert.

Durch Beimischung von Sand zum Kalkbrei erhält man den gewöhnlichen Luftmörtel.

Der Sandzusatz zum Kalkbrei ist nöthig, weil der letztere an der Luft zwar ebenfalls unter Abgabe von Wasser und Aufnahme von Kohlensäure erhärtet, aber dabei stark schwindet, zerklüftet und rissig wird. Um diese Risse, welche in den dicken Lagen von Kalkbrei zwischen den Bausteinen entstehen würden, zu verhüten, wird dem Kalkbrei, zugleich um den Verbrauch und die Kosten an Kalk zu verringern, immer Sand zugesetzt.

Es soll soviel Sand dem Kalkbrei beigemischt werden, dass die Poren zwischen den Sandkörnern gerade vollständig durch Kalk ausgefüllt sind, so dass also das Volumen des fertigen Mörtels nicht grösser als das des verwendeten Sandes ist. Man muss deshalb die Grösse der Zwischenräume zwischen den Körnern des anzuwendenden Sandes bestimmen. Dies geschieht aber sehr einfach dadurch, dass man ½ Liter Sand in ½ Liter Wasser schüttet, welches sich in einem Messcylinder befindet. Die Differenz zwischen dem hierbei gefundenen Volumen und dem Product der Volumina Sand und Wasser (1 Liter) gibt die Grösse sämmtlicher Poren.

In der Praxis verwendet man bei Bereitung des Luftmörtels auf 1 Theil steifen Kalkbrei aus fettem Kalk 3 bis 4 Theile Sand.

Für die Festigkeit und Function der Mauern ist auch die Korngrösse des zum Mörtel verwendeten Sandes von Einfluss.

Mörtel, welcher nur mit Grobsand hergestellt wird und welchem, des grossen Porenvolumens des Sandes wegen, viel Kalk zugesetzt werden muss, ist zwar porös aber theuer, und er bekommt, da die Adhäsion zwischen Kalk und Sand grösser ist als zwischen den Kalktheilchen selbst, sehr leicht Risse.

Es ist eine alte, theoretisch und praktisch wohlbegründete Regel, dass man dem zum Mörtelmachen verwendeten Grobsand resp. Feinkies soviel Feinsand resp. Mittelsand zusetzt, dass die zwischen den groben Körnern bleibenden Zwischenräume mit letzteren ausgefüllt werden.

Fuchs[1]) hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass das bei der Mörtelbereitung verwendete Wasser möglichst wenig Salze enthalten soll, weil es sonst Veranlassung zur Entstehung von Auswitterungen (salinischen Mauerfrass) gibt. Enthält z. B. das Wasser viel Kochsalz, wie das Meerwasser, oder das Brunnenwasser der Städte und Dörfer, so wittert auf den Mauerflächen Natriumcarbonat aus und nebenbei kann Chlorcalcium entstehen, welches stark hygroskopisch ist und feuchte Stellen verursacht. Die letzteren können auch durch salpetersaure Salze, welche das Wasser enthielt, bedingt sein, da diese ebenso wie Chlorcalcium die Fähigkeit besitzen grosse Quantitäten von Krystallwasser zu binden. Chlorcalcium und die Nitrate ziehen beim nassen Wetter Wasser an und geben dasselbe, wenn trockene Luft über die Mauer streicht, wieder ab. Dieser beständige Wechsel zwischen Wasseranziehung und Abgabe bewirkt beständige Volumveränderungen des Mörtelbewurfs, derselbe wird rissig und bröckelt ab. Diese Erscheinung, bei welcher auch die Wirkung von Bacterien eine Rolle spielt, nennt man Mauerfrass. Dieselbe kann selbstverständlich nur durch Entfernung aller Mörteltheile, welche diese hygroskopischen Salze enthalten, beseitigt werden.

Die Salze der Alkalien, mögen sie nun im Sande, im angewendeten Wasser oder im Kalke vorkommen, verursachen weisse, mehlige, oft krystallinische Auswitterungen, wegen deren der Hygieniker öfters zu Rathe gezogen wird.

Diese Auswitterungen können aus kohlensaurem und schwefel-

---

1) Joh. Nep. v. Fuchs, Ueber Kalk und Mörtel. Gesammelte Schriften. München 1856. S. 111.

saurem Natron, kohlensaurem Kali, Chlornatrium oder Chlorkalium und wohl auch aus salpetersaurem Kalk bestehen, wenn die Steine stickstoffhaltige Substanzen führen oder damit in Berührung kommen, z. B. mit Urin, Mist u. s. w.

Abortgruben unmittelbar an der Mauer von Wohnungen angelegt, geben oft dazu Veranlassung, dass das Mauerwerk die Jauche capillar aufsaugt. Die stickstoffhaltigen organischen Substanzen werden dann in Nitrate umgewandelt, welche die oben erwähnten Missstände (Mauerfeuchtigkeit, Mauerfrass) verursachen. Die starke alkalische Reaction des Mörtels verschwindet und in der neutral oder schwach alkalisch reagirenden Mörtelmasse entsteht eine üppige Entwicklung von Spaltpilzen, welche jene Erscheinungen, die man als Mauerfrass bezeichnet, mitbedingen.

Nach Fuchs soll man zum Löschen des Kalkes sowohl, als zur Bereitung des Mörtels, nur Regenwasser gebrauchen oder Wasser, welches nach der chemischen Analyse sehr rein ist und keine Substanzen enthält, die zu Auswitterungen Veranlassung geben können.

Bei rationeller Mörtelbereitung sind, wie erwähnt, eine Reihe von Untersuchungsmethoden, wie Bestimmung der Sandporosität, chemische Untersuchung von Sand und Wasser auf ihre Reinheit, Ermittelung des zur Bereitung des Kalkbreies nöthigen Wasserquantums, eventuell Prüfung der Druckfestigkeit u. s. w. nicht zu umgehen.

Diese Prüfungsmethoden machen die Handhabung von Apparaten, Psamometer, Dynamometer u. s. w. nothwendig.

Es ist deshalb zu bedauern, dass die Bereitung dieses für die hygienischen Functionen der Mauern so wichtigen Baumaterials in der Regel gewöhnlichen Arbeitern und dem Zufall überlassen wird.

Viele Mörtel, welche beim Baue der Miethhäuser Verwendung finden, entsprechen deshalb nicht den Anforderungen, welche man stellen muss. Entweder wird der Mörtel zu dünnflüssig gemacht, oder es wird zuviel Sand zugesetzt, wodurch die Plasticität und damit die Bedingung der Verkittung verloren geht. In Folge dessen liegt der Stein locker und beweglich auf seiner Unterlage, eine Erscheinung, die man beim Abbruch von Mauern häufig beobachten kann.

Diesen Uebelständen könnte aber, wenigstens in den grösseren Städten leicht abgeholfen werden, wenn sich in denselben, so wie es in Berlin der Fall ist, Mörtelfabriken etabliren würden.

Die innige Mischung des Kalkbreies mit dem Sande, ein Haupterforderniss bei Herstellung des Luftmörtels, gelingt bei Anwendung von Maschinen viel besser als bei der Handbereitung. Die Mörtelfabriken arbeiten mit solchen Mörtelmaschinen, unter denen besonders

die Dampfmörtelmaschine von SCHLICKEYSEN in Berlin, die aus einem liegenden Cylinder mit spiralförmig an einer centralen Achse und an dem Cylindermantel angeordneten Knetmessern besteht, ein vorzügliches Product erzielt.

Eine Berliner 6 pferdige Dampfmörtel-Anlage bereitet in 10 Stunden gegen 100 Cbm. Mörtel, ersetzt demnach reichlich 50 Mörtelmacher und versorgt 300 Maurer, angenommen, dass ein Maurer pro Tag 500 Backsteine vermauert und auf 1000 Ziegel 6²/₃ Hektoliter Mörtel benöthigt.

Die Errichtung von Mörtelfabriken, die mit einem kleinen Laboratorium ausgestattet sind und einen der ständigen Controle unterstellten, stets gleichbleibenden, vorzüglichen Mörtel liefern, würde in den grösseren Städten in technischer und hygienischer Beziehung von grossem Werthe sein, da hierdurch alle durch unrationelle Bearbeitung des Mörtels herbeigeführten Missstände und Gefahren in vollkommenster Weise beseitigt werden können, abgesehen von der Ersparniss an Kalk resp. Cement, Arbeitslohn, Raumbedarf u. s. w., welche damit nachweislich erzielt werden.

Das Erhärten des Mörtels wird zunächst dadurch eingeleitet, dass an der Oberfläche des Mörtelbandes Wasser verdunstet und dass solches von den porösen Bausteinen aufgesaugt wird. Hierdurch kommt wenig Tage nach der Anwendung des Mörtels die Verwandlung der breiigen collidal gequollenen Masse in eine festere aber noch zerreibliche zu Stande (Anziehen, Binden, Abbinden, Gestehen des Mörtels). Dieser Process schreitet alsbald soweit fort, dass die in die Sphäre ihrer Adhäsion gerückten Kalktheilchen aneinander haften (Anziehen des Mörtels), worauf dann das Erhärten beginnt, indem in Folge fortdauernder Absaugung und Verdunstung, das im verdunstenden Wasser gelöste Kalkhydrat auskrystallisirt, während gleichzeitig Kohlensäure aus der Luft angezogen und Kalkcarbonat sowie Kalksilicat im Mörtel gebildet wird.

Das Wasser im Mörtel darf nicht als blosses Wasser, sondern muss als Kalkwasser betrachtet werden. Wenn Kalkwasser in der Luft steht, so findet man, dass sich dasselbe allmählich mit einer dünnen Kruste von krystallinischem kohlensauren Kalk bedeckt. Das Wasser im Mörtel, welches durch Kohlensäure seinen Kalk verloren hat, ist nun neuerdings im Stande aus dem ungelösten Kalkhydrat im Mörtel wieder Kalk aufzulösen, neuerdings zu Kalkwasser zu werden, worauf der Process der Bildung von krystallinischem kohlen-

sauren Kalk von Neuem beginnt. Deshalb werden Mauern, welche zu rasch austrocknen, immer weniger fest, als solche in welchen das Wasser längere Zeit verbleibt.[1])

2. *Wassermörtel (hydraulischer oder Cementmörtel).*

Unter Wassermörtel (hydraulischem oder Cementmörtel) versteht man nach Fuchs diejenige Art Mörtel, welche unter Wasser gut anzieht, darin nach und nach steinhart und für dasselbe undurchdringlich wird.

Dass dem Wassermörtel eine grosse hygienische Bedeutung zukommt, liegt auf der Hand, da er es ermöglicht, Wohnhäuser in wasserreichem, sumpfigem Terrain oder im Wasser selber zu errichten, ohne dass die Gesundheit der Bewohner durch feuchte Mauern beeinträchtigt wird. Die Verwendung des hydraulischen Mörtels bei der Anlage von Abortgruben, Abwasserbehältern aller Art und bei Canälen, ist ein unschätzbares Mittel zur Verhütung der Bodenverunreinigung.

Der Wassermörtel wird aber auch zu verschiedenen anderen Zwecken, namentlich zur Verbesserung des Luftmörtels, zur Bereitung von Beton u. s. w. verwendet. Seine Hauptfactoren sind Kalk- und Kieselerde.

Allein die Kieselerde kann zur Bereitung des hydraulischen Mörtels nie unmittelbar in Anwendung kommen, weil sie in dem Zustande, in welchem sie in der Natur gewöhnlich vorkommt, nämlich in Quarz, zu cohärent ist, als dass Kalk auf nassem Wege merklich darauf wirken könnte. Ihre Stelle müssen solche Silicate vertreten, welche häufig in der Natur anzutreffen und so beschaffen sind, dass der Kalk entweder geradezu darauf einwirken und ein im Wasser stehendes Product damit bilden kann, oder dass sie leicht — durch Brennen für sich oder mit etwas Kalk — in diesen Zustand versetzt werden können. Diese Körper heissen Cemente oder chemische Zuschläge.

Durch vorsichtiges Brennen verlieren die Kalksteine einen Theil ihrer Kohlensäure, der Kalk schiebt sich zum Theil in die Zusammensetzung des zuvor in Säuren unlöslichen Silicats ein, lockert die Masse auf, gewährt in diesem Zustande den Säuren mehr Angriffspunkte, das Silicat wird durch letztere zersetzbar und zum Beweise dafür scheidet sich gallertartig lösliche Kieselsäure aus. Nur wenn passend gebrannte Kalksteine und Mörtel sich so verhalten, sind sie als hydraulische zu bezeichnen.

1) Weiteres über Mörtel in: Feichtinger: Die chem. Technologie der Mörtelmaterialien. Handb. d. chem. Techn. von Bolley. VI. Bd. 2. Abt. Braunschweig 1885.

Sehr guter Wassermörtel lässt sich darstellen mit fettem Kalk und verschiedenen in Massen vorkommenden Silicaten, z. B. Thon (eine wasserhaltige Verbindung von Kieselsäure und Thonerde), Trass und Puzzolanerde, Santorinerde, Ziegelmehl u. s. w.

Das Erhärten des Wassermörtels erfolgt nach Fuchs dadurch, dass sich bei Behandlung des gebrannten Kalks mit Wasser, in letzterem Kalkhydrat löst, und dass der aufgelöste Kalk fortwährend an die aufgeschlossene Kieselsäure unter Bildung eines gewässerten Silicats von Kalk- und Thonerde abgegeben wird, welches letztere das Fest- und Hartwerden des Mörtels herbeiführt.

Puzzolanerde, Santorinerde, Trass u. s. w. sind vulkanische Producte, von denen die erstere am Vesuv, in Puzzuoli bei Neapel, die Santorinerde auf der griechischen Insel Santorin, der Trass im westlichen Deutschland (Bonn a. Rh.) und anderen Orten vorkommt.

Die Bereitung und Anwendung des hydraulischen Mörtels war schon den Römern bekannt.

Noch am Ende des vorigen Jahrhunderts bezog man in England für Bauten im Wasser oder im Meere die Puzzolanerde aus Italien.

Da jede Einsicht in das Wesen der Cementwirkung fehlte, so waren alle Versuche, ähnliche Materialien auch anderwärts aufzufinden, vergeblich, bis Smeaton im Jahre 1756 bei der Untersuchung von Kalksteinen aus South Wales, welche einen im Wasser erhärtenden Mörtel gaben, fand, dass dieselben beim Auflösen in Säuren einen unlöslichen aus Thon und Sand bestehenden Rückstand geben.

Durch weitere Untersuchungen stellte Smeaton fest, dass alle Kalke mit in Säuren unlöslichem, thonigem Rückstand im Wasser erhärten, während alle in Säuren ganz löslichen Kalksteine zu Wassermörtel untauglich sind.

Durch diesen einfachen Laboratoriumsversuch wurden enorme pecuniäre Vortheile erzielt. Nunmehr konnten die Schätze, die man im eigenen Lande hatte, gehoben werden.

Im Untergrund von London fand man die zu hydraulischem Mörtel geeigneten Kalknieren, und auch anderwärts wurde nun bald „hydraulischer Kalk" gewonnen, dem man den Namen Romancement gab, um damit anzudeuten, dass derselbe ebenso vortrefflich für Wassermörtel sei, wie die Puzzolanerde der Römer, die man nun nicht mehr aus Süditalien zu beziehen brauchte.

Gewisse magere Kalke geben auch ohne die obigen Zusätze, bisweilen in Verbindung mit Sand einen hydraulischen Mörtel, weshalb man sie hydraulische Kalke nennt.

Besonders gute Sorten solcher Kalksteine, die aus 20—30 Proc. [illegible] bestehen, finden sich in den Juraformationen. Sie liefern ihres Gehaltes an Thonerdesilicaten u. s. w. wegen, gebrannt, einen hydraulischen Kalk, der in wenig Stunden erhärtet.

[illegible] hydraulischen Kalken gehört auch, wie Fuchs gezeigt

hat, der **Mergel**, welcher Kalk und Zuschlag (Cement) in sich schon vereinigt. Derselbe kommt in Deutschland, namentlich in den bayerischen und Tyroler-Alpen in mächtigen Lagern vor. Der Mergel hat aschgraue Farbe, ist undurchsichtig, von erdigem Bruch und lässt sich mit dem Messer schaben.

SMEATONS Entdeckung, dass Kalksteine, welche eine gewisse Menge Thon enthalten, nach dem Brennen unter Wasser erhärten, veranlasste VICAT zu Versuchen durch Mischen von Calciumcarbonat (Kreide) und Thon und Brennen der Mischung, künstlichen hydraulischen Kalk herzustellen. Im Jahre 1824 gelang es ASPDIN nach 10jährigen Untersuchungen durch Anwendung ganz bestimmter Mengen-Verhältnisse von Kreide, Kalk und Thon und hoher Brenntemperatur einen vorzüglichen hydraulischen Kalk zu bereiten, den er **Portlandcement** nannte, weil er dem in London als Baustein gebräuchlichen Portlandstein nach Farbe und Haltbarkeit sehr ähnlich war.

Nachdem so die praktischen Fragen der Wassermörtel-Bereitung gelöst waren, fand v. FUCHS die wissenschaftliche Lösung der Mörtelfrage, indem durch seine Arbeiten das Wesen der hydraulischen Mörtel und der chemischen Vorgänge beim Erhärten derselben, erschlossen wurde. Die Forschungen von v. FUCHS brachten aber auch grossen praktischen Gewinn, da sie nachwiesen, dass man aus natürlich vorkommenden Mergeln hydraulische Kalke leicht bereiten kann, worunter es auch viele gibt, die bei stärkerem Brennen Produkte liefern, welche an Bindekraft dem besten Portlandcement gleichkommen.

Der Portlandcement kommt als reiner Cementmörtel (mit Sand) und als Kalkcementmörtel in Anwendung.

Bei der Verwendung wird der Cement mit reinem Sand und Wasser gemischt und rasch verarbeitet.

Zur Aufführung vollständig wasserdichter Mauern mit reinem Cementmörtel ohne Kalk, darf dem Cement nur so viel Sand zugesetzt werden, dass die Zwischenräume des Sandes noch vollständig von dem Cement ausgefüllt sind, welches Maass sich durch die schon erwähnte Bestimmungsmethode des Porenvolumens leicht ermitteln lässt. Gewöhnlich gibt 1 Theil Cement auf 3 Theile Sand noch einen undurchlässigen Mörtel.

Eine neue, wichtige Verwendungsart des Portlandcementes ist seine Verbindung mit Wasserkalkmörtel, wodurch der sogen. Kalk-Cementmörtel entsteht. Die Anwendung dieser von R. DYCKERHOFF eingeführten, selbstverständlich auch durch ihre Billigkeit ausgezeichneten Mischung (von Portlandcement, Kalkbrei und viel Sand), zu den sämmtlichen Betonirungen der Fundamente der Strassburger Universität, zu den Fortificationen von Mainz u. s. w. haben die Ueberlegenheit eines mageren Kalk-Cementmörtels in Bezug auf Wasserbeständigkeit, Adhäsion u. s. w. gegenüber dem reinen Cementmörtel evident bestätigt. Ein Mörtel aus 1 Theil Cement, 6 Theile Sand und 1 Theil Kalkteig hält schon nach 2 Stunden;

ein Mörtel aus 1 Theil gleichen Cement, 6 Theilen gleichen Sand ohne Kalkzusatz hält dagegen erst nach 12 Stunden im Wasser (Dyckerhoff).

Von Bedeutung in hygienischer Beziehung ist auch die Verwendung des Portlandcementes zu zusammenhängenden Estrichen, Marmormosaikplatten u. s. w. für Hausflure, Küchen, Gänge u. s. w.

Die Prüfung der hydraulischen Bindemittel und speciell des Cementmörtels auf Druckfestigkeit, Wetterbeständigkeit, Sprödigkeit, Wasserundurchlässigkeit, Adhäsionsvermögen und Volumbeständigkeit, erfolgt nach den Beschlüssen der Conferenzen über einheitliche Untersuchungsmethoden bei der Prüfung von Bau- und Constructions-Materialien u. s. w.[1])

3. *Beton.*

Beton (engl. Concrete) ist ein Gemenge von hydraulischem Mörtel und kleinen Steinstücken oder Kies. Statt der letzteren benützt man auch die durch ihre hydraulischen Eigenschaften und Billigkeit ausgezeichneten Hochofenschlacken. Die Bereitungsweise des Betons bedarf grosser Sorgfalt und sachverständiger Ueberwachung, um Betrug, Schaden und Unglücksfälle zu verhüten. Die bei der Mörtelbereitung überhaupt in Betracht kommenden chemischen und physikalischen Vorgänge lassen es als selbstverständlich erscheinen, dass auch die Betonbereitung nur von wissenschaftlich gebildeten Technikern controlirt werden kann und sollte.

Der Hygieniker, welcher Betonirungen zu sanitären Zwecken ausführen lässt, wird sich stets erinnern müssen, dass hierbei zunächst die Art der Zubereitung des Betons von Wichtigkeit ist. In erster Linie kommt bei der Herstellung des Betons die Qualität des Cementes in Betracht. Derselbe ist von bewährten Firmen zu beziehen, welche die von dem Berliner Architekten-Verein, dem deutschen Verein für Thon-, Kalk- und Cement-Fabrikanten vereinbarten und vom kgl. preussischen Handelsministerium sanctionirten Normen für einheitliche Lieferung von Portlandcement respectiren.

Bei Bereitung des hydraulischen Betons ist fernerhin, die für jede Sorte Bindestoff, Sand u. s. w. nöthige Menge Mörtel durch Messung des Porenvolumens (vgl. S. 73) zu bestimmen.

Die Füllsubstanzen (Kies, Steinstücke, Schlacken u. s. w.) anlangend ist zu beachten, dass die Verbindung zwischen Steinschlag und Mörtel eine um so innigere wird, je mehr, die in ersterem enthaltenen Verbindungen, durch Feuer aufgeschlossen sind. Aus diesem

---

1) „Beschlüsse der Conferenzen u. s. w. von J. Bauschinger, F. Berger, G. Ebermayer, Hartig und Tetmajer. München, Theod. Ackermann's Verlag. 1887. S. 37 ff.“

Grund sind namentlich Basalt, Dolerit, Trachyt, Lava, Porphyr, sowie auch gar gebrannte Backsteinbrocken zu empfehlen.

Die Festigkeit des Betons wird durch Sandzusatz erhöht. Die Bereitungsweise des Betons ist demnach folgende: Der Cement wird mit 2 Theilen scharfem Sand auf das Innigste gemischt und Wasser bis zur Puddingconsistenz zugesetzt. Von dem durch Wasser von Staub u. s. w. befreiten Kies oder Steinschlag werden 5 Theile beigemischt.

Bei allen grösseren Betonarbeiten sollten behufs Erzielung innigster Mischung bei möglichst beschränktem Wasserzusatz Mörtelmaschinen verwendet werden.

Dem Beton kommt in der Bauhygiene eine grosse und immer wachsende Bedeutung zu. Derselbe wird gegenwärtig im Hochbaue nicht nur zu Fundamenten, Kellerböden, Isolirschichten unter dem Hause u. dgl., sondern auch zur Construction von Decken und Zwischendecken zwischen eisernen Trägern, zu Estrichen von Corridoren, Treppen, Ventilations- und Abzugs-Canälen und vielen anderen Zwecken, namentlich bei grösseren Bauten, in denen viele Menschen leben oder verkehren, verwendet. Auch ganze Wohnhäuser werden in Betonbau ausgeführt, weil derselbe in Gegenden, in denen die Rohmaterialien reichlich zur Verfügung stehen, um 25 Proc. billiger ist, als der Ziegelbau. So besteht z. B. eine ganze Colonie von Arbeiterwohnhäusern bei Rummelsburg im Osten von Berlin aus Beton.

Die Annahme, dass Betonhäuser in Folge des Materials nothwendig feucht seien, ist sicherlich nicht gerechtfertigt, denn nach den Untersuchungen von C. Lang (vgl. S. 94) gehören Cement und Beton zu den durchlässigeren Materialien; dieselben werden nur dann bleibend dicht, wenn sie sich längere Zeit unter Wasser befunden haben.

II. Die Bausteine.

Die natürlichen und die künstlichen Bausteine vereinigen so viele werthvolle Eigenschaften für den Bau des Hauses, dass sie geradezu unersetzbar erscheinen und zu allen Zeiten und allerorts ihren Platz als „hervorragendstes Baumaterial" behaupten werden.

Während viele dieser Eigenschaften: die Festigkeit, Formbarkeit, Schönheit u. s. w. vorzugsweise nur den Bautechniker interessiren, ist es die Aufgabe der Hygiene, das Verhalten des Steines zu den uns umgebenden Medien und Kräften, zu Luft, Wasser, Wärme u. s. w. zu erforschen und die gewonnenen Resultate für den Hausbau nutzbar zu machen.

Die in dieser Beziehung in Betracht kommenden Eigenschaften der Bausteine sind namentlich: die Porosität, die Permeabilität, das

Wasserfassungs- und Leitungsvermögen, die Wärmecapacität und Wärmeleitung.

1. Permeabilität und Porosität der Baumaterialien.

Durch die Permeabilität der Baumaterialien wird die natürliche Ventilation, d. h. der Austausch zwischen der Innenluft der Wohnräume und der freien atmosphärischen Luft, unterstützt. In Folge der Porosität und natürlichen Ventilation behält die Luft der Wohnräume einen gewissen Grad der Reinheit, auch wenn man keine Fenster öffnet und keine besonderen Ventilationsvorrichtungen anbringt.

Wissenschaft und Technik müssen darnach streben, solche Baumaterialien und Bauconstructionen zu finden, bei deren Verwendung zum Hausbau die Beschaffenheit der Innenluft der Räume bei angemessener Wohnungsdichtigkeit nicht erheblich von jener der freien Luft abweicht, resp. den Normen entspricht, welche für eine reine Luft, in der man sich wohl fühlt, festgestellt wurden.

Die Permeabilität der Baumaterialien ist für unsere Wohnungen, bei welchen man von künstlicher Ventilation abzusehen pflegt und neben dem Lüften durch die Fenster, die Beschaffung der ganzen nöthigen Menge reiner Luft von der Porosität der Baumaterialien erwartet, von hoher Bedeutung. Poröse Baumaterialien haben ausser dem Vorzuge der Durchlässigkeit noch den weiteren für sich, dass im Ganzen und Grossen bei Bausteinen die Wärmecapacität mit der Porosität zu-, die Wärmeleitungsfähigkeit aber abnimmt.

Das Material einmal angeheizt, wird demzufolge geraume Zeit die Wärme an sich halten, dadurch für den Raum selbst zur Wärmequelle werden und nur langsam die Wärme des Innenraumes ins Freie gelangen lassen (Lang). Hierzu tritt fernerhin noch der Umstand, dass die eintretende Luft in den Poren des Materials vorgewärmt wird.

Poröse Steine haben gegenüber den weniger porösen endlich noch den Vortheil, dass sie absorbirtes Wasser rascher abgeben, als die letzteren. Alle diese Eigenschaften der porösen Baumaterialien sprechen sehr für deren Wahl zum Baue unserer Wohnungen.

Schon im Jahre 1851 hat Pettenkofer[1]) den Satz ausgesprochen, dass im Allgemeinen ein Baumaterial um so besser sei, je grösser seine Porosität ist und dass diese Eigenschaft bei unserem Baumaterial eine wichtige sanitätische Rolle spiele.

---

1) Besprechung allgemeiner, auf die Ventilation bezüglicher Fragen. Abhandlungen der naturwissenschaftl. Commission bei der k. b. Akademie der Wissenschaften in München 1858. S. 96.

Um die Permeabilitität qualitativ zu demonstriren, kann man nach Pettenkofer[1]) jeden gewöhnlichen Backstein benutzen.

Man überzieht von den sechs jeden Ziegelstein begrenzenden Flächen vier davon mit einer der Luft undurchdringlichen Masse (aus: Picis nig. Terebinth āā 90,0, Cera flav. 60,0, Colophon. 150,0, Guttaperch. 50,0, ol. olivar. 10,0) in der Art, dass zwei gegenüberliegende Flächen frei bleiben.[2]) Man streicht diese Masse mit erwärmtem Spatel auf den Stein, wie ein Pflaster auf Leinwand. Nun legt man Bleche oder dünne Eisenplatten von der Grösse der beiden gegenüberstehenden, vom Ueberzug frei gebliebenen Flächen auf diese und presst sie mittelst Klammern und Schrauben fest gegen dieselben an. Diese Platten werden nun an ihren Rändern mit der nämlichen klebenden Masse, womit man den Stein überzogen hat, luftdicht mit den vier überzogenen Flächen verbunden. Die Bleche oder Metallplatten haben in der Mitte ein etwa 0,5 Cm. weites Loch, in welches je eine Metallröhre von mehreren Centimetern Länge luftdicht eingepasst, am besten eingelöthet wird. Der ganze Apparat stellt nun gleichsam eine Röhre von ½ Cm. Durchmesser dar, welche von einer Ziegelsteinmasse von bestimmter Oberfläche und Dicke unterbrochen wird. Bläst man nun zu einer Röhre hinein, während man die Mündung der gegenüberliegenden etwas unter Wasser hält, so wird die Luft, soviel man auf der freien Fläche durch den Ziegelstein blasen kann, in der gegenüberstehenden Röhre wieder gesammelt, unter Wasser mit Geräusch und Blasenform austreten, da sie seitlich nirgends entweichen kann.

Man kann auch vor das eine Rohr, anstatt es in Wasser zu halten, eine Kerzenflamme halten, welche sich leicht ausblasen lässt, wenn man in das andere Rohr durch den Stein bläst. In derselben Weise kann man eine aus Backsteinen und Mörtel hergestellte 34 Cm. dicke Mauer von ungefähr 0,3 □meter Fläche, nachdem dieselbe gut ausgetrocknet ist, behandeln, um die gleichen Versuche damit auszuführen.

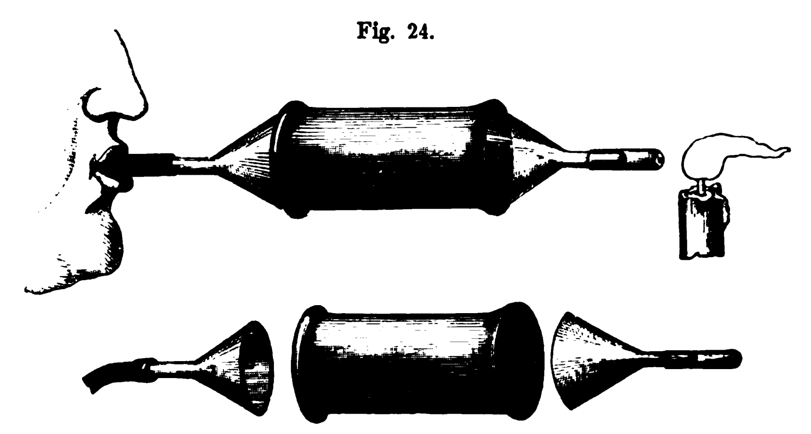
Auch die verschiedene Permeabilität von Mörtel, Gyps, Holz u. s. w. lässt sich so demonstriren. Man formt aus dem betreffenden Material einen Cylinder von etwa 12 Cm. Länge und 4 Cm. Durchmesser. (Fig. 24.)

Der Mantel des Cylinders wird mit eingeschmolzenem Wachs luftdicht überzogen, während die beiden gegenüberliegenden Kreisflächen frei gelassen werden und ihre natürliche Oberfläche behalten. Alsdann setzt man einen mit Röhrenansatz versehenen Glas-

1) l. c. S. 96. 2) Anstatt obiger Mischung kann man auch Wachs mit venetianischem Terpentin verwenden.

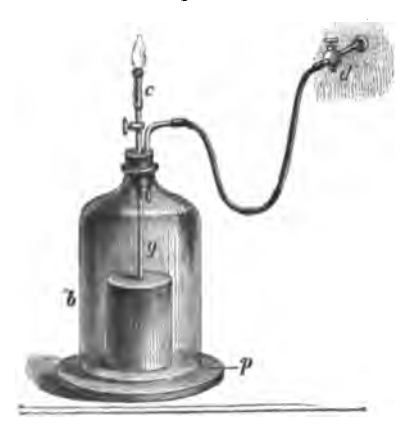
trichter auf eine der freien Kreisflächen des Materials und kittet ihn mittelst Klebwachs mit der luftdichten Mantelfläche an dem Rande

Fig. 24.



zusammen. Ebenso verfährt man auf der anderen freien Kreisfläche, zieht jedoch hier den Röhrenansatz des Cylinders in eine Spitze aus, damit der Luftdurchgang leichter sichtbar wird, wenn man z. B. gegen eine Lichtflamme bläst.

Fig. 25.



LAYET[1]) kittet zum gleichen Zweck eine Glasröhre (Fig. 25, g) in einen cylindrischen Steinblock (a), so dass sie bis in die Mitte desselben hineinreicht. Die Fläche des Steins, in welche diese Röhre eingeführt ist, wird mit Klebwachs bestrichen. Der Stein wird in eine Glasglocke (b) gebracht, deren Hals durch einen doppelt durchbohrten Stöpsel geschlossen ist. Durch die eine Bohrung geht die erwähnte Glasröhre, die mittelst Gummischlauch mit einem Gasbrenner (c) verbunden wird. Durch die andere Bohrung wird eine Glasröhre geführt, die mit einem Gashahn (d) verbunden wird. Den geschliffenen Rand der Glasglocke bestreicht man mit Talg und setzt ihn auf eine Glasplatte (p) auf. Oeffnet man den Gashahn, so kann das Gas, nachdem es den Stein passirt hat, je nach der Porosität desselben, früher oder später am Brenner (c) angezündet werden.

1) LAYET: De la porosité des matériaux de construction. Revue d'hygiène 1881, pag. 461 etc.

Nachdem man durch PETTENKOFER's Versuche die grosse Verschiedenheit der Permeabilität unserer wichtigsten Baumaterialien kennen gelernt hatte, unterzogen sich MÄRKER, SCHÜRMANN und am eingehendsten LANG der wichtigen Aufgabe, die Porosität und Permeabilität einzelner Steine, respective Materialstücke quantitativ festzustellen. Es war klar, dass sich durch diese quantitativen Ermittelungen über die Permeabilität einzelner Materialstücke eine sichere Grundlage zur Beurtheilung und Vergleichung der Durchlässigkeit der daraus errichteten Mauern ergeben musste, vorausgesetzt, dass die Materialstücke in gleicher Form und unter Beanspruchung gleichen Mörtelquantums zur Verwendung kommen, was namentlich bei den künstlichen Steinen der Fall ist.

a) Methoden der Permeabilitäts-Bestimmung von Baumaterialien.

Methode von LANG.[1]) Das Verfahren von LANG zur Prüfung der Permeabilität beruht darauf, dass er unter einem bestimmten zur Ermittelung der Permeabilitätsconstanten stets gleichgehaltenen Druck eine gemessene Quantität Luft in bestimmter Zeit durch das Material führte. Dazu verwendete er folgende Versuchsvorrichtung:

In dem Gasometer G wurde die durch den Hahn h_1 eingesogene Luft comprimirt, wobei der Druck durch aufgelegte Gewichte regulirt werden konnte: die mit einem Hahn h versehene, für den Ausfluss der Luft bestimmte Röhre wurde durch einen Kautschukschlauch mit der Gasuhr g in Verbindung gebracht. Von da aus wurde die Luft durch den Schwefelsäurekolben S behufs der Trocknung geleitet und gelangte hierauf durch den mit Röhrenansatz versehenen Metalltrichter t zum Manometer M und zu dem Versuchsmaterial m. Dieses an den seitlichen Flächen mit einer luftdichten Schichte (aus Rohwachs und Stearin) überzogen, wurde mit einer seiner beiden freien Flächen an den Metalltrichter aufgesetzt und dann am Rande mit der luftdichten Schicht zusammengekittet.

Der Vorgang während eines Versuches war folgender:

Nachdem durch den Hahn h_1 der Gasometer gefüllt war, wurde unter genauer Beobachtung der Zeit des nunmehr beginnenden Versuches der Hahn h geöffnet, so dass die comprimirte Luft durch die Gasuhr und den Schwefelsäurekolben zu dem Beobachtungsmateriale und dem Manometer gelangen konnte.

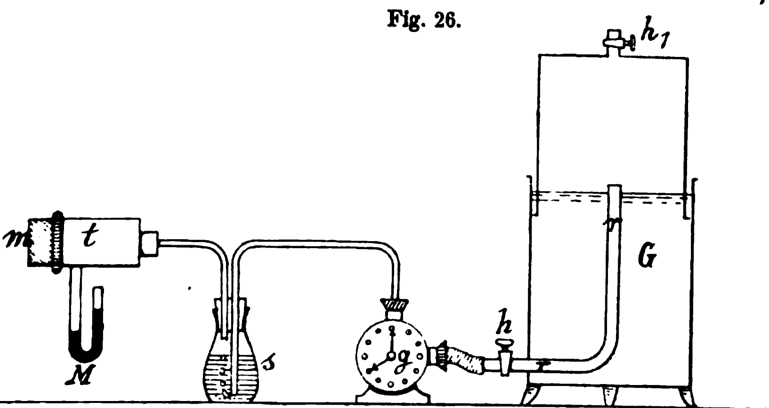
---

1) C. LANG: Ueber natürliche Ventilation und die Porosität von Baumaterialien. Stuttgart. Meyer u. Zeller's Verlag. 1877. S. 71 etc.

Der Grad der Compression vor dem Beobachtungsmaterial wurde also direct an dem Manometer abgelesen; die sowohl aus dem Gasometer als aus der Gasuhr mit Wasserdampf gesättigt austretende Luft war vor ihrer Berührung mit dem Materiale in dem Schwefelsäurekolben getrocknet worden, um der zu durchdringenden Substanz keine Feuchtigkeit zuzuführen, und so etwa deren Durchlässigkeit zu verringern; die Menge der durch das Versuchsobject gegangenen Luft wurde an der Gasuhr abgelesen.

Es stand z. B. vor einem Versuche die Gasuhr auf 2,964; der Versuch begann um 3 Uhr 28 Minuten und endete um 4 Uhr, zu

Fig. 26.



welcher Zeit dann der Stand der Gasuhr 3,215 war. Da, nach vorausgegangener Aichung, jeder Umdrehung der Gasuhr 2,5 Liter durchgegangener Luft entsprechen, so waren durch das betreffende Material in 32 Minuten

$$0,251 \,.\, 2,5 = 0,6275 \text{ Liter}$$

d. h. in der Minute 0,0196 Liter Luft bei der gegebenen Oberfläche von 25 □cm. durchgedrungen. Daher:

$$\frac{0,0196 \,.\, 10000}{25} \,.\, 60 = 469 \text{ Liter Luft pro □meter und Stunde.}$$

Methode von RECKNAGEL. Um die Durchlässigkeit zu ermitteln, welche Baumaterialien, ferner Bodenschichten von bestimmter Beschaffenheit, dann für die Luft besitzen, wenn zu beiden Seiten des Versuchsgegenstandes nur so kleine Druckunterschiede bestehen, wie sie unter natürlichen Verhältnissen durch Temperaturunterschiede und Winddruck erzeugt werden, wendete RECKNAGEL[1]) folgende Methode an:

1) RECKNAGEL: Theorie des natürlichen Luftwechsels. Zeitschrift f. Biologie XV. Band. München 1879. S. 28.

Der Versuchsgegenstand wird in eine regelmässige cylindrische oder parallelepipedische Form gebracht. Die Seitenflächen werden für Luft undurchdringlich gemacht. Dies geschieht bei festen Stücken dadurch, dass man die vier schmalen Seiten des Steines mit der von Pettenkofer angegebenen Mischung aus Wachs und venetianischem Terpentin bestreicht, während die eine Breitseite frei bleibt, die andere aber mit einer Fassung aus Messing- oder Zinkblech versehen wird (Fig. 27 a), in deren Mitte eine etwa 0,8 Cm. weite Messingröhre eingelöthet ist (Fig. 27 b). Lockeres Material wird in ein Blechgefäss gefüllt, dessen Boden durch ein feines Sieb gebildet wird. Unter diesen Boden und unterhalb der unteren Fläche fester Stücke, d. h. zwischen dieser und der Messingblech-Fassung (a), muss ein Hohlraum von wenigstens 1 Cm. Höhe bleiben, damit die Luft, welche durch die obere Fläche eintritt, überall auf dem kürzesten Wege durch den Versuchsgegenstand strömt. Aus diesem Hohlraum führt die Röhre b und der damit verbundene Kautschukschlauch (c) nach der einen Bohrung (d) des Pfropfes, mit welchem eine grosse, bis zu 3/4 gefüllte Wasserflasche, die als Aspirator dienen soll, oben verschlossen ist. Derselbe Pfropf hat noch eine zweite Bohrung (e), von welcher ein Schlauch (f) nach einem Recknagel'schen Differentialmanometer führt. Dieses Instrument soll den Druckunterschied angeben, welcher zwischen der äusseren Luft und derjenigen Luft besteht, welche sich in der Flasche befindet und durch den Schlauch c mit dem Hohlraum unter dem Versuchsgegenstand communicirt. Die Flasche hat unten einen Tubus (t), der durch einen Pfropf geschlossen ist, in dessen Bohrung ein kleiner Glashahn steckt. Wird dieser Hahn geöffnet, so fliesst Wasser bei t aus und gleichzeitig wird durch den

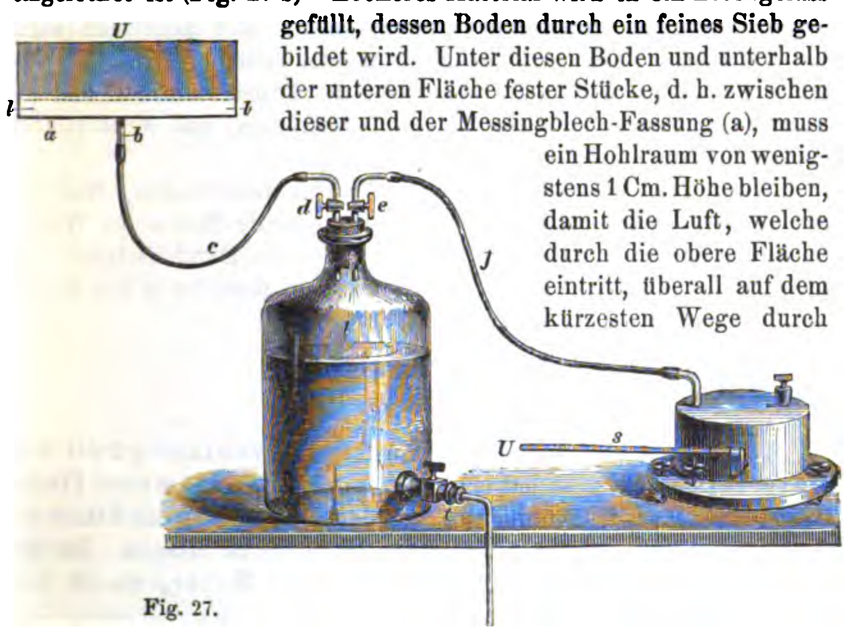


Fig. 27.

Rückgang der Sperrflüssigkeit bei s angezeigt, dass die Luft l geringere Spannung besitzt, als die Luft u der Umgebung, welche in Folge dessen durch den Versuchsgegenstand hindurch nach der Flasche strömt. Bei jeder bestimmten Stellung des Hahnes t wird sich rasch eine constante Stellung der Sperrflüssigkeit s ausbilden. Sobald diese eingetreten ist, fliesst dem Volumen nach genau soviel Wasser in t aus, als Luft in l eintritt. Das ausgeflossene Wasser gibt demnach das Mass für die Luftmenge, welche der Versuchsgegenstand durchgelassen hat.

Der Beobachter wird den Hahn bei t so weit öffnen, dass ungefähr derjenige Druck am Differentialmanometer abgelesen wird, bei welchem er die Durchlässigkeit messen will; er wird also den Hahn um so weiter öffnen, je grösser der Druck sein soll und sodann mit Secundenuhr (oder Mälzel's Metronom) und Messcylinder versehen, den Wasserstrahl bei t auffangen.

Wurden in m Minuten w Liter Wasser aufgefangen, während der am Manometer abgelesene und auf verticale Millimeter Wasser reducirte Druck p Millimeter betrug, so ist die Durchlässigkeit des Versuchsgegenstandes dadurch bestimmt, dass derselbe in der Stunde bei 1 Mm. (Wasser) Ueberdruck

$$\frac{0{,}06\,w}{m\,p} \text{ Cubikmeter Luft}$$

durchlässt.

Will man daraus einen Schluss auf die Durchlässigkeit des Materials machen, so hat man noch auf 1 Quadratmeter Fläche und 1 Meter Dicke zu reduciren und demnach sowohl die Fläche (q) des Versuchsgegenstandes, als dessen Dicke (e) zu messen. Beträgt die Fläche q Quadratmeter, die Dicke e Meter, so ist die Durchlässigkeit des Materials:

$$D = \frac{0{,}06\,w\,e}{m\,p\,q} \text{ Cubikmeter,}$$

d. h. durch einen seitlich für Luft abgeschlossenen Würfel von 1 Cubikmeter des untersuchten Materials gehen bei 1 Mm. Ueberdruck stündlich diese D Cubikmeter Luft hindurch.

Beispiel. Ein Ziegelstein, welcher 30 Cm. lang, 15 Cm. breit und 7 Cm. dick war, liess bei einem Ueberdruck von p = 2,52 Mm. Wasser, in m = 20 Minuten 81 Cbcm., oder w = 0,081 Liter Luft durch. Die Durchlässigkeit dieses Ziegelsteins ist somit

$$\frac{0{,}06 \,.\, 0{,}081}{20 \,.\, 2{,}52} = 0{,}0000964,$$

d. h. die Breitseite des Steines lässt bei 1 Mm. Ueberdruck in der Stunde 0,0000964 Cbm. oder 0,0964 Liter Luft durch. Die durch-

lassende Wandfläche ist 0,3 Meter lang, 0,15 Meter breit, also 0,3 . 0,15 oder 0,045 Qm. gross, während die Dicke 0,07 Meter beträgt. Die Durchlässigkeit dieses Materials ist somit:

$$\frac{0,0000964 . 0,07}{0,045} = 0,00015 \frac{\text{Cbm.}}{\text{Stunde.}}$$

Würde man also einen massiven Block von 1 Cbm. Grösse aus der Masse des Ziegelsteins herstellen, so würden durch zwei gegenüberliegende Flächen dieses Blockes bei einem Ueberdrucke von 1 Mm. Wasser (wie ihn z. B. ein Wind von 4 Meter Geschwindigkeit hervorbringt) stündlich 0,15 Liter Luft hindurchgepresst werden. Beträgt hingegen die Dicke nur 0,15 Meter (halbsteinstarke Mauer ohne Fugen gedacht), so wächst die durchgepresste Luftmenge unter sonst gleichen Umständen auf $\frac{0,15}{0,15}$ = 1 Liter pro Quadratmeter und Stunde an.

b) Abhängigkeit der durch poröse Materialien gegangenen Luftmenge von dem angewandten Druck.

Lang[1]) suchte zunächst die Abhängigkeit der durch poröse Materialien gegangenen Luftmenge von dem angewandten Druck festzustellen. Zu diesem Behufe stellte er Druckveränderungen entweder dadurch her, dass er zwischen der Gasuhr und dem Versuchsobjecte verschiedene Widerstände, z. B. grössere oder kleinere Chlorcalciumröhren einschaltete, oder dadurch, dass er die Glocke des Gasometers in verschiedenem Maasse beschwerte. Am Manometer konnte der Luftdruck, an der Gasuhr die dabei durchgegangene Luftmenge gemessen werden.

Zu diesen Versuchen wurde der sehr durchlässige Kalktuffstein verwendet, weil bei demselben schon kleine Druckdifferenzen durch bedeutende Verschiedenheit des durchgegangenen Luftquantums sich deutlich bemerkbar machten. Das Resultat war folgendes:

Nummer	Millimeter Höhendifferenz am Wassermanometer	Kilogramm Druckdifferenz auf 1 Quadratcentimeter des Materials	Liter durchgegangener Luft per Quadratmeter u. Minute		Unterschied der letzten beiden Columnen
			gefunden	aus den Mittelwerthen berechnet	
1	30	0,0030	181,4	183,7	— 2,3
2	39	0,0039	255,3	238,4	— 16,9
3	49	0,0049	371,9	300,1	— 71,8
4	66	0,0069	414,7	422,6	+ 7,9
5	108	0,0108	478,8	661,5	+182,7

1) C. Lang. l. c. S. 73 etc.

Diese Zahlen bestätigen das Gesetz (Bunsen's):

„Die unter Druck durch eine poröse Scheidewand fliessende (Gas- resp.) Luftmenge ist nahezu direct proportional dem angewendeten Drucke oder besser: der Druckdifferenz auf der einen und der anderen Seite der porösen Scheidewand."

Bei 2-, 3-, 4 mal so grossem Drucke geht also auch die 2-, 3-, 4 fache Luftmenge durch die poröse Scheidewand. Aus diesem Gesetz folgt auch, dass ohne Druck nichts hindurchgeht. Man darf sich also nicht etwa denken, dass die Luft von selbst durch die Poren der Baumaterialien hindurchgeht, es muss vielmehr ein statischer Druck vorhanden sein, welcher die Luft hindurchtreibt. Die Luft geht nicht durch die Wände, sondern sie wird hindurchgedrückt.

Bei dem Kapitel „natürliche Ventilation" soll gezeigt werden, durch welche Kräfte unter natürlichen Verhältnissen die Luft durch die Wände gedrückt wird.

c) Einfluss der Dicke des Materials.

Um den Einfluss der Dicke des Materials zu ermitteln, hat Lang mit der oben beschriebenen Versuchsvorrichtung beobachtet, in welchem Verhältniss die Permeabilität eines bestimmten Materiales abnimmt bei zunehmender Dicke des Versuchsstückes.

Die folgenden Zahlen sind bei Anwendung von Gypscylindern gewonnen, die eine Höhe von 162 Mm. hatten und bei jedem weiteren Versuch abgeschnitten wurden. Die dabei erhaltenen Zahlen, welche bei ganz kleinen Abweichungen, eine Gesetzmässigkeit erkennen lassen, sind folgende:

Nummer	Dicke des Materials in Millimetern		Liter[1]) durchgegangener Luft per □meter und Minute		Abweichung	Beobachtungszeit in Stunden	Bemerkungen
	gemessen	162 Mm. = 1 gesetzt	gefunden	a. d. Mittelwerthen berechnet			
1	162	1	5,40	5,38	— 0,02	192	Im Gegensatz zur nachfolgenden Versuchsreihe dauerte hier je ein Versuch die nebenstehend angegebene Zeit
2	81	1/2	11,59	10,76	— 0,83	100	
3	40,5	1/4	21,29	21,52	+ 0,23	48	
4	20	ca. 1/8	40,10	43,04	+ 2,96	96	

1) Auf gleichem Manometerdruck gehalten.

Bei Luftmörtel wurde gefunden:

Nummer	Dicke des Materials in Millimetern		Liter[1]) durchgegangener Luft per □meter und Minute		Abweichung	Zahl der angestellten Versuche	Bemerkungen
	gemessen	10 Mm. = 1 gesetzt	gefunden	a. d. Mittelwerthen berechnet			
—	5[2])	1/2	569,0	—	—	16	Hier waren es einzelne Beobachtungen von kürzerer Zeitdauer
1	10	1	239,9	217,5	— 22,4	24	
2	15	3/2	168,1	145,0	— 23,1	10	
3	30	3	54,5	72,5	+ 18,0	24	
4	60	6	34,2	36,2	+ 2,0	6	
5	90	9	25,2	24,2	— 1,0	6	

Aus diesen und ebenso aus den bei anderen Versuchen erhaltenen Zahlen ergibt sich die Thatsache:

„Die unter constantem Drucke durch (homogenes) poröses Material fliessende Luftmenge ist der Dicke umgekehrt proportional."

Das gleiche Resultat hatte vorher auch SCHÜRMANN[3]) erhalten, und MÄRKER, welcher den Einfluss der Dicke des Materials auf dessen Durchlässigkeit mittelst Diffusion beobachtete, kommt ebenfalls zu dem Schlusse, dass die Diffusionsgrössen der Stärke einer Wandung umgekehrt proportional sind.

Da die durch mechanischen Druck und durch Diffusion verursachte Luftbewegung derselben Gesetzmässigkeit folgt, so ist selbstverständlich, dass man bei Ventilationsbestimmungen der Wandstärke Rechnung tragen muss.

DUFOUR[4]) hat Untersuchungen über die Diffusion feuchter Luft angestellt und folgende Thatsachen ermittelt:

1. Der ungleiche Austausch verschieden feuchter Luft hängt ab von der Differenz der Spannkräfte des Wasserdampfes auf beiden Seiten der Scheidewand.

2. Die Druckmehrung oder Druckminderung ist dieser Differenz nahezu proportional.

3. Die Temperatur scheint nur indirecten Einfluss zu haben, insofern sie grössere oder geringere Differenzen der Spannkräfte veranlasst.

Diese Thatsachen sind insofern von grossem Belang, als durch die

---

1) Auf gleichem Manometerdruck gehalten.

2) Material von so geringer Dicke ist wegen seiner Rissigkeit unzuverlässig; dies Resultat wurde daher von der Berechnung des Mittelwerthes weggelassen.

3) III. Jahresbericht der chem. Centralstelle für öffentl. Gesundheitspflege in Dresden. 1874. Zahn's Verlag.

4) Sur la diffusion entre l'air humide et l'air sec à travers une paroi de terre poreuse. Compt. rend. 78. p. 961.

Beheizung der Wohnräume die Differenz der Spannkräfte vergrössert wird, und da zugleich der Wasserdampf seine Wanderung in die Mauer antritt, hier theilweise condensirt wird, und dadurch eine Verringerung der Permeabilität hervorruft.

d) Bestimmung der Permeabilitätsconstanten verschiedener Baumaterialien.

Die verschiedene Dichtigkeit des Baumaterials beeinflusst natürlich den Luftdurchgang in verschiedenem Grade. Es muss sonach die Luftmenge, welche bei der Ventilation die Mauer durchdringt, auch eine Function einer von der Natur der porösen Wand abhängigen Permeabilitätsconstanten (C) sein. Lang hat nun die Permeabilitätsconstanten verschiedener Baumaterialien bestimmt. In der That ergaben die Versuche der nachfolgenden Beobachtungsreihe an einzelnen Materialstücken die proportionale Abhängigkeit der Luftmenge von dieser Constanten, so dass

$$Q = C \frac{(p_1 - p_0) q}{d} \text{ oder } C = \frac{d Q}{(p_1 - p_0) q}$$

ist, wenn man mit Q die in Litern ausgedrückte Luftmenge bezeichnet, welche in einer Stunde bei dem Ueberdruck (Druckdifferenz) $(p_1 - p_0)$ Kgr. per □cm. das d Meter dicke Material von q□cm. ventilirender Oberfläche durchdringt.

C ist dabei die dem betreffenden Material eigenthümliche Permeabilitätsconstante. Diese letztere ist in der obigen Gleichung unbekannt, während man q und d messen, Q an der Gasuhr, $(p_1 - p_0)$ am Manometer ablesen kann.

d betrug bei sämmtlichen Versuchen, deren Resultate in der Tabelle zusammengestellt sind, 30 Mm.

Auch der Druck 108 Kgr. pro Quadratmeter = einer Wassersäule von 108 Mm. wurde constant gehalten; auf die gleiche Fläche ist q = 1□m. reducirt worden.

Die pro Stunde unter den erwähnten Bedingungen durch die verschiedenen Materialstücke gegangenen Luftmengen, die Permeabilitätsconstante u. s. w. sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Klarer werden diese Verhältnisse, wenn man von dem Einfluss der Dicke absieht, weil diese blos unter der Voraussetzung ganz gleichmässigen (homogenen) Materials, wie es aber bei Mauern (in Folge der wechselnden Schichtenfolge von Mörtel und Stein, Verputz, Tapeten u. s. w.) durchaus nicht vorkommt, in Rechnung gebracht werden könnte.

Nach RECKNAGEL[1]) versteht man unter der Permeabilitätsconstanten (C) die Anzahl der Cubikmeter Luft, welche bei einem Ueberdruck von 1 Kilogramm pro Quadratmeter (= 1 Mm. Wassersäule) in der Stunde durch 1 Quadratmeter Wandfläche hindurchgehen.

Es ist alsdann die Menge Luft, die in 1 Stunde bei einem Ueberdruck von $\frac{1 \text{ kgr.}}{\text{qm.}}$ (= 1 Kgr. pro □m.) durch q Quadratmeter geht, von der Grösse cq Cubikmeter.

Ist der Ueberdruck nicht $\frac{1 \text{ kgr.}}{\text{qm.}}$, sondern allgemein $(p_1 - p_0)$, so gehen in der Stunde

$$M = Cq\,(p_1 - p_0) \text{ Cubikmeter}$$

hindurch.

Hat man homogenes Material von verschiedener Dicke zu vergleichen, so müsste sich die Permeabilitätsconstante auf eine Steinstärke von 1 Meter beziehen und man würde dann für eine Dicke von d Meter die Menge $Q = \frac{Cq\,(p_1 - p_0)}{d}$ erhalten, aus welcher sich $C = \frac{Q\,d}{q\,(p_1 - p_0)}$ berechnet.

Beispiel der Berechnung einer Permeabilitätsconstanten.

Nach C. LANG gingen durch Kalktuffstein 28,728 Cbm. Luft bei 0,03 Meter Dicke des Tuffsteins und einem Ueberdruck $p_1 - p_0 = 108 \frac{\text{Kgr.}}{\text{qm}}$ durch 1 qm.

$$C = \frac{0{,}03 \,.\, 28{,}728}{1 \,.\, 108} = \frac{0{,}86184}{108}$$

= 0,00798 = Permeabilitätsconstante des Tuffsteins, d. h. nach C. LANG's Versuchen gehen durch einen Würfel von Tuffstein, der ein Cubikmeter gross ist, bei einem Ueberdruck von 1 $\frac{\text{kgr.}}{\text{qm.}}$ (oder 1 Mm. Wasser) in der Stunde nur 0,00798 Cbm. Luft, also rund circa 8 Liter. Würde aber die Dicke dieses Blockes bis auf die 0,03 Meter vermindert, wie dieses bei C. LANG's Versuchen realisirt war, so würden unter gleichen Umständen $= \frac{0{,}00798}{0{,}03} = 0{,}266$ Cbm. Luft hindurchgehen.

Die Permeabilitätsconstanten im Sinne von RECKNAGEL sind in der letzten Columne der Tabelle zusammengestellt. Man muss wahrhaft erstaunt sein über die ganz unerwartet geringen Mengen von

1) C. RECKNAGEL: Theorie des natürlichen Luftwechsels. Zeitschrift f. Biologie. Bd. XV. 1879. S. 12.

Luft, welche bei den unter natürlichen Verhältnissen vorkommenden Drücken durch die verschiedenen Materialien, selbst durch die porösesten hindurchgehen. Die practische Bedeutung dieser Thatsache wird später erörtert werden.

Nummer	Material	Kgr. $p_1 - p_0$	d	Q Liter Luft pro Stunde u. □meter	C	Permeabilitätsconstante nach Recknagel
1	Kalktuffstein	—	—	28728	7,980	0,00798
2	Hochofen-Schlackenstein Haardt a./Sieg, 1873	—	—	27348	7,597	0,007597
3	Hochofen-Schlackenstein Osnabrück, 1871	—	—	6072	1,687	0,001687
4	Cendrinsteine, Muster Nr. 3 .	—	—	—	1,708	0,001708
5	Luftmörtel	—	—	3264	0,907	0,000907
6	Tiegel, bleich, Osnabrück . .	—	—	1398	0,383	0,000383
7	Beton	—	—	930	0,258	0,000258
8	Handziegel, stark gebrannt, München	—	—	732	0,203	0,000203
9	Klinker (Verblendstein), unglasirt	—	—	522	0,145	0,000145
10	Portland-Cement	—	—	492	0,137	0,000137
11	Maschinenziegel, München . .	—	—	474	0,132	0,000132
12	Grünsandstein, oberbayerischer	—	—	468	0,130	0,000130
13	Grünsandstein, Schweizer . .	—	—	426	0,118	0,000118
14	Handziegel, schwach gebrannt, München	—	—	312	0,087	0,000087
15	Gyps, gegossen	—	—	146	0,041	0,000041
16	Eichenholz über Hirn . . .	—	—	24	0,007	0,000007
17	Klinker, glasirt	—	—	—	—	—

Die relativ grosse Durchlässigkeit des Mörtels und deren Bedeutung für die Luftbeschaffenheit in den Wohnungen, war schon früher von Pettenkofer erkannt worden. Um dieselbe mit der viel geringeren Durchlässigkeit des Langholzes zu vergleichen, machte er auf eine Beobachtung aufmerksam, die man tagtäglich machen kann, nämlich auf das Verhalten mancher Weissdecken in Zimmern, in denen durch Oefen oder Lampen etwas Russ erzeugt wird. Wenn solche Zimmerdecken lange nicht geweisst oder geputzt werden, so zeichnet sich jeder Balken, jede Latte des darüber befindlichen Bodens ab, in der Art, dass wo Latten und Balken liegen, die Decke weisser erscheint, als an den Stellen, welche den Zwischenräumen entsprechen. Die Latten und Balken sind ein theilweises Hinderniss für den Luftwechsel, welcher in den Zwischenräumen natürlich viel ungehinderter vor sich gehen kann und in diesem Maasse hier auch mehr Russ absetzen muss, als dort, wo Balken und Latten liegen. Es muss übrigens bemerkt werden, dass der von Lang zum Versuch benützte Mörtel aus feinem Quarzsand hergestellt war. Der gewöhnliche mit grobem Sand und weniger Bindemittel bereitete Mörtel ist viel durchlässiger.

Die Ziegel (Backsteine) sind hinsichtlich ihrer Permeabilität sehr verschieden; es scheint, dass bis zu einem gewissen Grade die Durch-

lässigkeit derselben mit der Stärke des Brennens zunimmt. Wird die Hitze aber so stark, dass die darin enthaltenen Silicate zu schmelzen beginnen, dann nimmt natürlich die Durchlässigkeit wieder ab und dieselbe kann durch intensives Brennen auf ein Minimum reducirt werden.

Beton und Cement gehören in trockenem Zustand zu den durchlässigeren Materialien; dieselben werden erst dann bleibend dicht, wenn sie sich längere Zeit unter Wasser befunden haben. Die Durchlässigkeit der Holzarten ist sehr verschieden. Während sich über Hirn verwendetes Fichtenholz durchlässiger als Mörtel zeigte, ist Eichenholz dichter als die dichtesten Ziegel.

Eine ganz hervorragende Bedeutung in hygienischer Beziehung kommt den fabricirten Schlackensteinen zu, weil sie zu den porösesten Baumaterialien gehören, d. h. hochgradig permeabel für Wasser und Luft sind und weil zugleich, wie die folgenden, von Dr. Böhme durch Festigkeitsprüfungen ermittelten Zahlen beweisen, ihre Druckfestigkeit eine sehr hohe ist.

Steingattung	Zeigt Risse bei Kgr. pro □ cm.	Wurde zerstört bei Kgr pro □ cm.
Schlackenstein 1871	91,00	104,60
" 1872	79,80	91,65
" 1873	92,40	110,50
Handpressstein 1872	31,00	32,10
Schwennestein von Rhein	18,60	19,70
Ziegelbleich Osnabrück	67,89	87,95

Die Hochofenschlackensteine werden in der Stein- und Trassfabrik in Osnabrück bereitet. Die zerkleinerte Schlacke wird in granulirtem Zustande mittelst einer Mörtelmaschine mit viel gelöschtem Kalk vermischt, gepresst und an der Luft getrocknet und erhärtet.

Diese künstlichen Steine sind wohl zu unterscheiden von den sehr undurchlässigen, auf S. 71 erwähnten Hochofenschlacken, welche in Quaderform ebenfalls, aber mit schlechtem Erfolg, zum Bau verwendet wurden.

Die fabricirten Schlackensteine dagegen darf man einstweilen als die Bausteine der Zukunft bezeichnen, da sie ihrer günstigen Eigenschaften halber weite Verbreitung finden dürften.

Zu den sehr durchlässigen Materialien gehören auch die Cendrinsteine (ein Gemisch von schwarzem Kalk und Strassenschmand(!)) und der Kalktuffstein.

Aeusserst verschieden ist die Durchlässigkeit der Sandsteine. Gewisse Sandsteine vermögen eine vierzigmal grössere Luftmenge zu fördern, als andere.

Zu den wenig durchlässigen Materialien gehört der Gyps. Es ist daher für einen Raum nicht gleichgültig, ob die Weissdecke mit Gyps oder Mörtelmasse hergestellt ist und ob die Wände Gypsüberzug besitzen oder gewöhnliche Mörtelwände sind. Letztere lassen sich zwar nicht so leicht kunstvoll bearbeiten, aber für Wohnräume ist der gewöhnliche Mörtelüberzug nicht nur viel wohlfeiler, sondern auch viel zweckmässiger, weil er mehr Luft durchgehen lässt und mehr Wasser transportiren kann.

Der bei den Versuchen von LANG angewendete Druck von 108 Mm. oder 108 Kgr. pro □m. ist bedeutend grösser als die bei der natürlichen Ventilation vorkommenden Drücke, und die durch die Materialstücke gegangene Luftmenge ist im Verhältniss zum Drucke viel geringer, als man nach den bisherigen Begriffen hätte erwarten sollen.

RECKNAGEL[1]) hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass das Resultat der Versuche von LANG u. A. ein sehr merkwürdiges und eigenthümliches, ganz gewiss unerwartetes ist.

Selbst bei einer Temperaturdifferenz von 20° C. im Innern und 0° C. der Aussenluft ist das Gewicht der wärmeren Luft nur um 0,32 Kgr. grösser, als das der kalten, d. h. es steht ein Druck von nur 0,32 Kgr. pro □m. als Motor der natürlichen Ventilation zur Verfügung. 0,32 Kgr. pro □m. ist aber genau 1/3 Mm. Wasserhöhe. Mit so kleinen Drücken haben wir es bei windstillem Wetter zu thun.

Sogar der so sehr poröse Hochofenschlackenstein (vgl. Tabelle S. [illegible]) wird somit in diesem günstigen Fall (bei 20° C. Temperaturdifferenz) nur etwa 81 Liter Luft pro Stunde und □m. durchlassen, und in ein Zimmer mit zwei ans Freie grenzenden, je 36 □m. grossen und nur 30 Mm. dicken Wänden aus diesem Material werden 5834 Liter oder rund 6 Cbm. Luft pro Stunde gefördert werden.

Eine sehr kleine Menge, wenn man bedenkt, dass pro Kopf und Stunde ein Luftwechsel von mindestens 40 Cbm. nothwendig ist.

Zu anderen Zahlen gelangt man, wenn man die Durchlässigkeit ganzer Mauern untersucht.

SCHULTZE und MÄRKER[2]) fanden, dass 1 □m. Wandfläche pro Stunde ventilirte:

Temperaturdifferenz		
19,0	Sandstein	1,69 Cbm.
16,3	Kalkbruchstein	2,32 „
19,3	Backstein	2,83 „
13,3	Kalktuffstein	3,64 „
12,1	Lehmstein	5,12 „

Diese Zahlen sind viel grösser, als die, welche man auf Grund der von LANG ermittelten Permeabilität einzelner Materialstücke berechnen kann.

1) RECKNAGEL, Vortheile und Nachtheile der Durchlässigkeit von Mauern und Zwischendecken der Wohnräume. Deutsche Vierteljahrschrift für öffentl. Gesundheitspflege Bd. XVII. 1885. S. 74.

2) SCHULTZE und MÄRKER, Kohlensäuregehalt der Stallluft und den Luftwechsel in Stallungen und Untersuchungen über die natürliche und künstliche Ventilation in Stallgebäuden.

Es könnte dies darin begründet sein, dass bei den Versuchen MÄRKER's ein grosser Theil der Luft nicht durch die Poren der Baumaterialien, sondern durch die zwischen ihnen bei ihrer Aneinanderfügung gebliebenen Ritzen, Fugen u. s. w. gegangen ist.

Dass dies wirklich so ist und allgemein zutrifft, hat zuerst RECKNAGEL[1]) durch Untersuchungen und Berechnungen überzeugend dargethan. Später hat auch FLÜGGE[2]) durch directe Bestimmung der Ventilationsgrösse von Wohnräumen nachgewiesen, dass die in allen Wohnräumen vorhandenen zufälligen Spalten und Fugen einen verhältnissmässig sehr bedeutenden Bruchtheil des Luftzutrittes vermitteln. Ein Zimmer in der 1. Etage zeigte eine Ventilationsgrösse von 6,75 Cbm. pro 1/4 Stunde. Nachdem alle Fenster gedichtet, die Fensterrahmen, Thürritzen u. s. w. mit Papier verklebt und diese Papierstreifen noch dick mit geschmolzenem Paraffin überstrichen worden waren, zeigte das Zimmer eine Ventilationsgrösse von nur 1,6 Cbm.; es hatte also 76,3 Proc. des früheren Luftzutrittes durch einigermassen dichten Verschluss der Fugen verloren.

Zu ganz ähnlichen Resultaten gelangt man, wenn man nach den von LANG für die Durchlässigkeit einzelner Materialstücke gefundenen Werthen die Durchlässigkeit der aus denselben aufgeführten Mauern berechnet. Man erhält dadurch merkwürdig geringe Werthe, die um das hundertfache niedriger sind, als die thatsächliche Bestimmung der Durchlässigkeit der betreffenden Mauern ergibt.

Nach LANG's Versuchen würde eine Mörteldecke von 1 Cm. Dicke unter einem Ueberdruck von 1 Mm. Wasser pro Quadratmeter und Stunde 0,091 Cbm. Luft durchlassen.

Denkt man sich eine Zimmerdecke durch eine solche Mörtelschicht repräsentirt, dann macht man damit eine für die Durchlässigkeit dieser Decke äusserst günstige Annahme, die in Wirklichkeit, d. h. bei Wohnräumen, selten zu finden sein wird. Es soll aber noch obendrein die erwähnte Durchlässigkeit sowohl der Decke als dem Boden des Zimmers zugeschrieben werden. Ferner sollen die Wände nur 10 Cm. dick und von Kalktuffstein — dem durchlässigsten Material — hergestellt sein. Es kommt ihnen alsdann nach C. LANG's Versuchen die Durchlässigkeit 0,08 zu.

Das Zimmer sei 7 Meter lang, 5 Meter breit, 3,6 Meter hoch und die Temperaturdifferenz 20° C.

---

1) RECKNAGEL: Vortheile und Nachtheile der Durchlässigkeit von Mauern und Zwischenböden der Wohnräume. Deutsche Vierteljahrschrift für öffentliche Gesundheitspflege. Bd. XVII. Heft 1.

2) FLÜGGE: Beiträge zur Hygiene. Leipzig, Verlag von Veit. 1879. S. 35.

Der stündliche Luftwechsel dieses Zimmers berechnet sich dann nach RECKNAGEL, aus

$$f k_0 p_0 + \frac{1}{2} u H k_1 \frac{p_0^2}{p}$$ [1])

zu 0,79 Cbm.

v. PETTENKOFER hat für ein viel kleineres Zimmer mit Backsteinwänden bei 19° C. Temperaturdifferenz nach Verkleben aller Ritzen einen stündlichen Luftwechsel von 54 Cbm., also ungefähr das 70fache gefunden.

Auch RECKNAGEL constatirte bei einem Zimmer, welches obige Dimensionen und Wände von rothem Sandstein hatte, bei 20° C. Temperaturdifferenz unter normalen Umständen einen Luftwechsel von 70 Cbm.

Dieser grosse Unterschied beweist unbestreitbar, dass der bei Weitem grösste Theil des Luftwechsels — etwa der 70—80fache — durch zufällige Ritzen und Spalten, nicht aber (wie man vielfach noch annimmt) durch die Poren der Bausteine und des Mörtels stattfindet.

Es ist also nicht erlaubt, die für einzelne Baumaterialien gefundenen Durchlässigkeiten auf die aus denselben aufgeführten Mauern zu übertragen. Dass bei der undefinirbaren Art, wie unsere Mauern und Zimmerdecken u. s. w. hergestellt werden, in der That viele Ritzen und Spalten vorhanden sind, welche der Luft ungehinderten Durchgang gestatten, konnte RECKNAGEL an Wohngebäuden nachweisen. So war z. B. bei einem Neubau der innere Raum der Mauer mit kleinen, sehr unregelmässigen Abfallstücken so ausgefüllt, dass dem Durchgang der Luft kein Widerstand entgegenstand. Nach jeder Steinhöhe folgt eine unregelmässige Mörtelschicht. Die äussere Steinlage, welche in dem untersuchten Fall ohne Bewurf war und die viele vom Mörtel nur theilweise ausgefüllte Fugen besass, leistet der Luft ebenfalls sehr wenig Widerstand; denn der Druck wurde in dem Raume des Gerölls bei einer manometrischen Messung ebenso gross gefunden, wie in der freien Luft. So bleibt im Grunde nicht viel mehr als der innere Bewurf, der meistens von Rissen und Sprüngen durchzogen ist, welche nur ganz oberflächlich gedeckt sind.

Bei Wohngebäuden, die aus undurchlässigen Bruchsteinen hergestellt werden, kann man sich ebenfalls leicht überzeugen, dass in der Mauer Fugen und Spalten bleiben, die der Luft freien Durch-

[1]) f = Fläche des Bodens oder der Decke, u Umfang des Bodens, H Höhe des Zimmers, also uH die verticale Wandfläche, k_0 Durchlässigkeit des Bodens, k_1 Durchlässigkeit der verticalen Wand, p_0 Druck durch den Boden herein, p gesammter disponibler Ventilationsdruck, also $p_0 + p_2 = p$, wenn p_2 der Druck durch die Decke hinaus. (RECKNAGEL: Zeitschr. f. Biologie. Bd. XV. S. 30.)

gang gestatten. Namentlich bleiben die senkrechten Fugen theilweise unausgefüllt.

Statt der directen Ermittelung der Permeabilität von Steinen nach LANG's oder RECKNAGEL's Methode, kann auch durch Bestimmung des Wasserfassungsvermögens die Porosität ermittelt und so ein Bild von der Durchlässigkeit der Materialien gewonnen werden. Diese Methode gibt aber nur bei homogenem Material von regelmässigem Korn (Sandsteine u. s. w.) brauchbare Werthe, während sie bei sehr grossporigem Material und besonders bei Backsteinen unsicher ist; erstere lassen aus den zu Tage liegenden Luftcanälen Wasser abfliessen; letztere, welche ein zusammengesintertes Material darstellen, haben sehr häufig Höhlungen, welche blos auf einer Seite ins Freie münden und so zum Theil die Erfüllung von solchen Poren mit Wasser gestatten, die zur Durchlässigkeit natürlich nichts beitragen können.

Die Bestimmung des Porenvolumens wird am raschesten folgendermassen ausgeführt:

1. Ein Stück Stein lufttrocken oder bei 100 ° C. getrocknet gewogen z. B. 101 Gr.

2. In Wasser erhitzt bis keine Luft aus den Poren entweicht.

3. In kaltem Wasser auf Lufttemperatur abgekühlt, mit Filtrirpapier abgetrocknet und wieder gewogen. Die Gewichtszunahme gegen das erste Gewicht gibt die Menge des aufgenommenen Wassers oder das Volumen der Poren, z. B. 107 — 101 Gr. = 6 Gr. oder 6 Cbcm. Volumen der Poren.

4. Um nun das Volumen des Steins zu bestimmen, wird auf eine Tellerwaage ein zur Hälfte mit destillirtem Wasser gefülltes Becherglas gestellt und durch Auflegen von Gewichten auf die andere Wagschale die Waage ins Gleichgewicht gebracht. Dann lässt man den an einer Drahtschlinge aufgehängten Stein frei in das Wasser vollständig untertauchen. Der Stein verdrängt ebensoviel Wasser, als sein Volumen beträgt. Man muss daher, um das Gleichgewicht der Waage wieder herzustellen, Gewichte auflegen und diese Gewichtszunahme ergibt das Gewicht des Wassers, welches der Stein verdrängt hat, resp. das Volumen des Steins.

Die Zunahme sei = 50 Gr., also ist das Volumen des Steins = 50 Cbcm. Man hat nun $50 : 6 = 101 : x$. $x = 12$ Proc. Gesammtporosität. Anstatt den Stein im Wasser zu kochen, ist es besser, denselben nach Bestimmung des Trockengewichts 24 Stunden in Wasser zu legen und zwar so, dass das Wasser höchstens bis zur Hälfte der Steindicke reicht, dann wird derselbe weitere 24 Stunden ganz mit Wasser bedeckt, abgetrocknet und gewogen.

Die Porosität ist immer auf Raumtheile zu berechnen.

Nach H. HAUENSCHILD[1]) werden die zu prüfenden Steine zuerst bei 100 ° C. getrocknet, nach dem Abkühlen gewogen und an Fäden in ein in einem hydraulischen Pressraum befindliches Gefäss gelegt, der Pressraum bei völlig auf den höchsten Stand gestelltem Stempel mit Wasser gefüllt

1) Handbuch der Architectur von DURM etc. Darmstadt, Verlag von Diehl. 1883. I. Thl. I. Bd. S. 88.

und nach aufgeschraubtem Deckel der Stempel bis zum tiefsten Punkte gebracht. Hierbei wird die Luft aus den Poren rasch verdrängt und bei dem nachherigen Wasserdruck unter 3 Atmosphären dieselben exact gefüllt, so dass nach 1 Stunde Pressung schon die stets 25 Gr. schweren Probekörper an Gewicht nicht mehr zunehmen. Nach beendigter Imprägnierung werden sie äusserlich rasch abgetrocknet und in gewogenen, wohlverschliessbaren Gläschen neuerdings gewogen. Im Uebrigen wird wie oben erwähnt verfahren.

Lang hat folgende Resultate erhalten:

Nr.	Material	Hohlraumprocente
1	Granit (feinkörnig), Belgien	0,05
2	Marmor, Carrara blanc bai	0,11
3	Lockere Sandsteine	21,65
4	Dichte Sandsteine	9,31
5	Poröse Ziegel	31,01
6	Dichte Ziegel	12,72
7	Dichtere Schlackensteine	24,00
8	Lockere Schlackensteine	69,60
9	Cendrinsteine	56,00
10	Gyps	51,00
11	Luftmörtel	26,00

Es unterliegt keinem Zweifel, dass man zu dem Bau der Wohnhäuser viel porösere Bausteine anwenden könnte, als dies gegenwärtig geschieht, ohne die Sicherheit des Gebäudes in Bezug auf Festigkeit zu beeinträchtigen. Wenigstens zeigen die bis jetzt von keiner Seite beanstandeten Berechnungen von Meiners, dass bei Anwendung von Lochsteinen und gebrannten specifisch porösen Mauerziegeln (Schlackensteine u. s. w.), zur Herstellung der Umfassungsmauern eines fünfstöckigen Gebäudes eine 28fache Sicherheit gegeben ist, da diese porösen Steine an der Stelle, an welcher sie ohne weiteren Schutz dem grössten Drucke zu wiederstehen haben, mit nur 2,14 Kgr. pro □cm. belastet sind, während sie noch nicht einmal mit 60 Kgr. pro □cm. zerdrückt werden.

Derartige mit 14 Cm. dicken Hohlziegeln errichtete und mit Bohlendecken versehene Häuser sind nicht nur 3mal leichter, als die mit 6,5 Cm. starken Normalziegeln aufgeführten und mit Balkendecken versehenen gleich grossen Häuser, sie sind vielmehr auch für die Hälfte der gegenwärtigen Baukosten herzustellen.

Dazu kommt, dass unsere Wände, wie v. Pettenkofer sagt, sehr häufig condensirtes Wasser, das theils von unseren Haushaltungsgeschäften, theils von Respiration und Perspiration herrührt, schlucken und durch ihre Massen hindurchbefördern müssen, damit es, aussen angekommen, im Freien abdunste. Durch die Anwendung sehr po-

röser Bausteine erreichen wir aber, dass das aus der Zimmerluft aufgenommene Wasser rasch an die Atmosphäre abgegeben wird. Das sind gewiss unbestreitbare Vortheile, die das Streben nach der allgemeinen Anwendung porösen Baumaterials zum Häuserbau als ein vollberechtigtes erscheinen lassen. Wenn aber einige, wie z. B. MEINERS[1]), glauben, dass man durch die Wahl sehr porösen Baumaterials zu einer ausreichenden Lufterneuerung der Wohnräume gelangen könne, derart, dass man bei Anwendung desselben blos in Folge der grösseren Porosität des Materials den Luftwechsel bei 10° Temperaturdifferenz zwischen innen und aussen auf 5—6 Cbm. pro □meter Wandfläche von 2 Stein Stärke zu steigern vermöge, so ist dies eine offenkundige Täuschung. MEINERS legt nämlich seinen Berechnungen die Versuchsresultate von MÄRKER zu Grunde, welche die Durchlässigkeit fertiger Gebäudemauern angeben, und glaubt, der gesammte Luftwechsel sei durch die Porosität der Mauern bedingt, während er, wie wir auf S. 97 gezeigt haben, thatsächlich nur den zufälligen Ritzen und Spalten zu verdanken ist.

Früher war man bekanntlich dieser Meinung, dass der bei weitem grösste Theil der in Folge von Temperaturdifferenz, Winddruck u. s. w. in die Wohnräume eindringenden Luftmenge durch die Poren des Baumaterials resp. der Wände hindurchgehe. Diese Vorstellung blieb auch nach den Untersuchungen von LANG fortbestehen, und obgleich späterhin RECKNAGEL zeigte, dass nach den von LANG ermittelten Zahlen die Porenventilation so gering ist, dass sie praktisch nicht verwerthbar erscheint, so ist die alte Anschauung von der grossen Bedeutung der Porosität der Wände für die Lufterneuerung in Wohnräumen, wie wir z. B. in dem Buche von MEINERS sehen, noch heute sehr verbreitet.

Eine falsche Theorie hindert aber immer den Fortschritt der Wissenschaft und veranlasst nutzlosen Kraftaufwand bei wissenschaftlichen und praktischen Versuchen.

Deswegen muss nachdrücklich darauf hingewiesen werden, dass eine Steigerung der Porosität der Baumaterialien für die Lufterneuerung der Wohnräume von sehr geringer und viel untergeordneterer Bedeutung ist, als man allgemein glaubt.

Eine ausreichende Lufterneuerung wird vielmehr bei der üblichen Bauweise nur dann zu Stande kommen, wenn zufällig recht viele Ritzen und Spalten im Mauerwerk bleiben oder wenn man sie absichtlich herstellt. Diese Sachlage muss uns aber, da eine Steigerung

1) H. MEINERS: Das städtische Wohnhaus der Zukunft. Stuttgart 1879. Verlag von W. Thiele. S. 85.

der natürlichen Ventilation durch Anwendung poröserer Materialien wenig aussichtsvoll erscheint, veranlassen, die Frage in Erwägung zu ziehen, ob es nicht angezeigt wäre, statt der zufällig in der Mauer verbleibenden Ritzen und Spalten, durch die selbst in kleineren Wohnräumen nach Märker u. A. ein für 1 Person nahezu ausreichender, unfühlbarer Luftwechsel zu Stande kommen kann, absichtliche und systematisch angelegte kleine Communicationsöffnungen zwischen innen und aussen in der Mauer anzulegen, um dadurch einen ausreichenden und unfühlbaren Luftwechsel zu erzielen, der constant und ohne Zuthun der Bewohner vor sich geht.

Das ist nämlich auch ein grosser Vortheil der natürlichen Ventilation, dass sie ohne das Zuthun der Menschen vor sich geht und dass die Luftzufuhr nicht, wie bei einer künstlichen Ventilationsanlage, unterbrochen wird, wenn man einmal vergisst eine Klappe zu öffnen.

e) Einfluss der Befeuchtung auf die Durchlässigkeit der Materialien (nach C. Lang).

Bei der Wahl des Baumaterials muss man vom hygienischen Standpunkte aus auch darauf achten, dass die ventilirende Function der Wand selbst bei Durchfeuchtung möglichst erhalten bleibt.

Lang[1]) hat auch in dieser Richtung Untersuchungen angestellt, indem er ein und dasselbe Materialstück zuerst in trockenem Zustande und dann vollständig durchfeuchtet, d. h. nach 48stündigem Liegen in Wasser, in der angegebenen Weise untersuchte.

Das Resultat war folgendes:

Nummer	Material	Liter durchgegangener Luft per □ meter und Minute Druckdifferenz 0,0108 Kgr. pro 1 □cm.		Bruchtheil der in durchfeuchtetem Zustand durchgegangenen Luft
		trocken	feucht	
1	Beton	15,5	0	0
2	Grünsandstein, oberbayerischer	7,8	1,4	0,179
3	„ Schweizer	7,1	2,1	0,295
4	Kalktuffstein	478,8	233,2	0,487
5	Luftmörtel	54,4	3,9	0,071
6	Portland-Cement	8,2	0	0
7	Schlackenstein, Osnabrück 1871	93,0	15,8	0,169
8	„ „ 1871	105,0	15,4	0,147
9	„ „ 1873	113,4	10,2	0,090
10	„ Haardt 1873	455,8	41,0	0,089
11	„ Englischer	158,0	1,1	0,007
12	Ziegel, bleich, Osnabrück	23,3	5,1	0,218
13	„ schwach gebr., Handfabr. München	19,3	7,8	0,404
14	„ hartgebr., Handfabr. München	9,6	1,5	0,156
15	„ Maschinenfabr. München	7,9	1,7	0,215

1) l. c. S. 92 etc.

Aus diesen Zahlen ergibt sich, dass die Permeabilität der verschiedenen Baumaterialien bei totaler Durchfeuchtung in verschiedenem Maasse verringert wird. Die Permeabilität erleidet bei Durchfeuchtung um so weniger Einbusse, je grösser die Poren des Materials sind. So hat z. B. der äusserst grossporige Kalktuffstein nur ungefähr die Hälfte seiner Durchlässigkeit verloren, während der sehr feinporige englische Schlackenstein fast undurchlässig geworden ist. Auch der Luftmörtel erleidet bei Durchfeuchtung einen bedeutenden Verlust an Permeabilität.

Beton und Cement werden, wie bekannt, im Wasser bleibend undurchlässig.

Einen weiteren Einblick in die Function der verschiedenen Baustoffe wurde durch Untersuchungen von Lang erzielt, welche das Verhalten von durchfeuchteten Baumaterialien bezüglich der Wiederaufnahme ihrer Permeabilität feststellen.

Das durchfeuchtete Material wurde längere Zeit hindurch dem aus dem Gasometer und der Gasuhr kommenden, in Schwefelsäure getrockneten constanten Luftstrom ausgesetzt, während die durchgehende Luftmenge von Zeit zu Zeit bestimmt wurde. In der folgenden Tabelle sind die verschiedenen Materialien bezüglich der allmählich wieder eintretenden Permeabilität nach dem Verhältniss der Permeabilitätszunahme zur Beobachtungszeit in abnehmender Reihe geordnet.

Nummer	Material	Permeabilitätszunahme zwischen dem ersten u. letzten Versuche in Litern	Zeit zwischen dem ersten und letzten Versuch in Minuten	Permeabilitätszunahme pro Minute in Litern
1	Schlackenstein, Haardt 1873	361,3	65	5,5584
2	Kalktuffstein	164,0	80	2,0500
3	Schlackenstein, Osnabrück 1873	29,7	60	0,4950
4	Ziegel, schw. gebr., Handfabr. München	10,6	73	0,1452
5	Schlackenstein, Osnabrück 1871	31,9	288	0,1442
6	" " 1871	14,3	136	0,1051
7	" englischer	25,7	329	0,0781
8	Ziegel, bleich, Osnabrück	3,4	110	0,0309
9	" stark gebr., Handfabrik München	0,5	70	0,0071
10	Grünsandstein, oberbayerischer	1,1	168	0,0065
11	Ziegel, Maschinenfabrik München	0,4	70	0,0059
12	Luftmörtel	0,6	107	0,0056
13	Grünsandstein, Schweizer	0,3	59	0,0051

Durchfeuchteter Luftmörtel war nach 5tägigem Liegen im Zimmer soweit ausgetrocknet, dass er nunmehr 50,1 Liter Luft per □meter und Minute hindurchgehen liess, während er in ganz trockenem Zustande 54,5 Liter durchgelassen hatte.

Daraus lässt sich schliessen, dass durchfeuchtete Mörtelbänder in Mauern viel Zeit zum Austrocknen nöthig haben.

Aus den obigen Zahlen ergibt sich der Schluss: **Poröse Baumaterialien geben das Wasser, welches sie aufgenommen haben, um so rascher ab, je grobkörniger sie sind, d. h. je bedeutender die Grösse ihrer einzelnen Poren ist.**

Auch diese Thatsache zeigt, von welch grossem Werth in hygienischer Beziehung die Wahl sehr porösen Baumaterials z. B. für die Functionen der Mauern ist, die in mehrfacher Beziehung das Wohlbefinden der Bewohner beeinflussen können.

2. Ueber die Wärmecapacität und Wärmeleitung der Baumaterialien liegen bis jetzt nur wenige Untersuchungen vor.

C. Lang hat die Wärmecapacität der Baustoffe mittelst der Mischungsmethode (Abkühlung des erhitzten Körpers in Wasser) bestimmt und dabei einen Apparat ähnlich dem Regnault'schen benutzt.[1])

Diejenige Wärme, welche nöthig ist 1 Kgr. Wasser um 1° zu erhöhen, nennt man Wärmeeinheit oder Calorie.

Unter Wärmecapacität oder specifischer Wärme eines Körpers versteht man bekanntlich die Anzahl von Wärmeeinheiten, welche erforderlich ist, um die Temperatur von 1 Kgr. dieses Körpers um einen Grad zu erhöhen.

Während also Wasser hierzu einer Calorie bedarf, hat Blei dazu 0,031, Wasserdampf 0,48, Wasserstoff 3,4 Calorien nöthig.

Da der Techniker sein Material weniger dem Gewichte, als dem Volumen nach kennt, so ist in der folgenden Tabelle die specifische Wärme der Baumaterialien auch dem Volumen nach angegeben.

I. Wärmecapacität der Baumaterialien nach C. Lang[2]).

Material	Specifische Wärme nach	
	Gewicht	Volumen
A. Bruchsteine		
Carrara-Marmor	0,289	0,785
Oberpfälzer Granit (rauh)	0,226 – 0,285	0,601 – 0,753
Grünsandstein	0,239—0,257	0,614—0,665
Dolomit	0,271	0,613
Kalkbruchstein	0,314	0,766
B. Künstliche Steine		
Ziegel (Handfabrikat)	0,241	0,576
Ziegel (Maschinenfabrikat)	0.316	0,742

1) Vgl. Wüllner: Lehrbuch der Experimentalphysik.

2) Lang: Ueber Wärmecapacität, lineare Ausdehnung durch Wärme, Porosität und specif. Gewicht einiger Baumaterialien. Zeitschrift des bayer. Architekten- u. Ingenieur-Vereins. Bd. V. S. 101 etc.

II. Wärmeleitungsfähigkeit der Baumaterialien nach C. Lang.

Material	trocken	nass
Carrara-Marmor	100	102,1
Oberpfälzer Granit	92,9	93,6
Grünsandstein	97,1—92,9	98,5—93,1
Kalkbruchstein	94,4	97,1
Ziegel (Handfabrikat)	88,0	92,1
Ziegel (Maschinenfabrikat)	87,4	91,6

Sehr deutlich spricht sich in diesen Zahlen die schon früher erwähnte Thatsache aus, dass die Wärmeleitungsfähigkeit um so mehr abnimmt, je poröser das Material ist.

Feuchtigkeit der Mauern vermehrt das Wärmeleitungsvermögen derselben. Deshalb sind nasse Mauern zugleich kalte.

Die Verwendung von sehr porösen Baumaterialien, welche die Wärme schlecht leiten und geringe Wärmecapacität besitzen, erleichtert die Temperaturregulirung des Hauses insofern als das schlecht leitende Material im Winter eine zu rasche Entwärmung, im Sommer eine zu schnelle Erwärmung des Hauses verhindert.

Eine Backsteinmauer von 25 Cm. Dicke ist z. B. ein ebenso guter Isolator gegen die äussere Temperatur, wie eine Kalkbruchsteinmauer von 50 Cm. Dicke.

Die folgende Tabelle enthält Angaben über die Wärmemenge, welche 1 Kgr. des betreffenden Stoffes für 1° Temperatursteigerung nöthig hat, das Eigengewicht des Stoffes und endlich die Wärmemenge, welche 1 Cbm. des Stoffes für 1° Temperaturerhöhung verlangt.

Stoffe	Eigengewicht pro 1 Cbm. des Stoffes	Wärmemenge, welche für 1 Grad Temperaturerhöhung erforderlich ist	
		pro 1 Kgr. des Stoffes	pro 1 Cbm. des Stoffes
Wasser	1000	1	1000
Eisen	7500—7800	0,11—0,13	825—1000
Kalkstein	2500—2800	0,2	500— 560
Backsteine	1400—2300	0,19—0,24	270— 500
Glas	2500—2900	0,18	450— 520
Holz (trocken)	450— 660	0,5—0,58	230— 380
Atmosphärische Luft (0 Grad)	1,29	0,238	0,3

Aus diesen Zahlen geht die beachtenswerthe Thatsache hervor, dass zwar die specifische Wärme der Backsteine und diejenige der Kalksteine fast gleich sind, sofern dieselbe auf die Gewichtseinheit

bezogen wird, dagegen letztere für gleichen Raum bei Weitem mehr Wärme für eine gleiche Temperaturerhöhung beanspruchen, als die Backsteine.

Die porösen Baumaterialien bieten somit auch in Bezug auf die Wärmecapacität den Vortheil, dass geringere Wärmemengen nöthig sind, um die Temperatur der Wände in gleichem Maasse zu erhöhen. Sollten z. B. 80 Cbm. Mauerwerk (ein Zimmer von 6 Meter Tiefe, 10 Meter Breite und 5 Meter Höhe mit 50 Cm. dicken Wänden) von 0 ° auf 15 ° erwärmt werden, so braucht man nach Meiners[1]) bei Sandsteinmauerwerk 353,000 Wärmeeinheiten und zu deren Entwickelung 53 Kgr. Steinkohlen, bei gewöhnlichem Ziegelmauerwerk 219,000 Wärmeeinheiten = 33 Kgr. Kohlen, bei sehr porösen Ziegeln nur 122,000 Wärmeeinheiten oder 18 Kgr. Steinkohlen.

Die Erwärmung einer Mauer aus gewöhnlichen Mauerziegeln erfordert also bei sonst gleichen Verhältnissen ungefähr die doppelte Wärmemenge, als eine aus porösen Ziegelsteinen hergestellte Mauer. Eine Mauer aus Sandsteinen verlangt aber ungefähr dreimal so viel Wärmeeinheiten. Die Schwankungen der einzelnen Werthe in obiger Tabelle (z. B. bei Backsteinen 0,19—0,24) zeigen, dass behufs Beurtheilung des Baumaterials die Bestimmug der specifischen Wärme des in Frage kommenden Stoffes nothwendig ist.

Körper, welche Wärme aufgenommen, ohne sie durch physikalische oder chemische Aenderungen gebunden zu haben, können diese Wärme wieder abgeben, d. h. durch die einzelnen Körpertheilchen durchleiten, um sie an der Oberfläche wieder auszustrahlen.

Die Wärmeverluste, welche Mauern von verschiedenem Material durch Transmission und Emission erleiden, sind bekannt. Mit Hülfe dieser, in der folgenden Tabelle zusammengestellten Zahlen, kann man den Wärmeverlust gewisser Wohnräume annähernd berechnen.

Wärmeverluste in Calorien durch Mauern pro Quadratmeter und Stunde bei 1 ° C. Temperaturdifferenz.

	Dicke in Metern	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Gegen Wind und Regen geschützt	Backsteine mittelhart	2,00	1,50	1,20	1,00	0,87	0,75	0,66	0,60	0,55	0,50
	„ hart gebrannt	2,10	1,61	1,31	1,10	0,95	0,84	0,75	0,68	0,62	0,57
	Sandsteine	2,44	2,06	1,78	1,56	1,39	1,26	1,15	1,06	0,98	0,91
	Kalksteine	2,61	2,31	2,10	1,90	1,71	1,58	1,46	1,36	1,28	1,20
Dem Wind und Regen ausgesetzt	Backsteine mittelhart	2,72	1,88	1,43	1,16	0,97	0,83	0,73	0,65	0,60	0,53
	„ hart gebrannt	2,94	2,08	1,61	1,32	1,11	0,96	0,85	0,76	0,69	0,62
	Sandsteine	3,62	2,82	2,32	1,97	1,71	1,51	1,35	1,23	1,12	1,03
	Kalksteine	4,00	3,33	2,86	2,50	2,22	2,00	1,82	1,66	1,54	1,43

1) H. Meiners: Das städtische Wohnhaus d. Zukunft. Stuttgart 1879. S. 94.

Wenn 1 □meter Sandsteinmauerwerk von 50 Cm. Stärke pro Stunde und 1° Temperaturdifferenz zwischen Innen und Aussen 1,5 Wärmeeinheiten, 1 □meter Ziegelsteinmauerwerk unter gleichen Verhältnissen 1,0 und 1 □meter Mauer aus porösen Ziegeln bei gleichen Bedingungen 0,5 Wärmeeinheiten transmittirt, alsdann würde die 160 □meter grosse Wandfläche des obenerwähnten Zimmers bei einer Temperaturdifferenz von 15°, pro Stunde wie folgt transmittiren:

a) Die Mauer aus Sandsteinen:
 160 . 15 . 1 = 3600 Wärmeeinheiten, zu deren Entwickelung 545 Gr. Kohlen nöthig sind.

b) Die Mauer aus gewöhnlichen Ziegelsteinen:
 160 . 15 . 1 = 2400 Wärmeeinheiten gleich 364 Gr. Kohlen.

c) Die Mauer aus porösen Ziegelsteinen:
 160 . 15 . 0,50 = 1200 Wärmeeinheiten gleich 182 Gr. Steinkohlen.

Der Wärmeverlust für 1 □m. einfache Fenster bei 1° C. Temperaturdifferenz pro Stunde kann zu 2,5, unter Umständen aber wegen der Wirkung von Wind, Regen und Condensationswasser zu 3 bis 4 Calorien angenommen werden, während für Doppelfenster nur $^2/_3$, nach Ferrini sogar nur die Hälfte und bei 3fachen Fenstern $^1/_3$ des Wärmeverlustes einfacher Fenster zutrifft. Der letztere Werth ist jedenfalls richtiger, da die Luftbewegungen beim Doppelfenster geringer und regelmässiger sind und Niederschläge von Condensationswasser an den inneren der Doppelfenster, wenn für gute Ventilation gesorgt ist, nicht leicht vorkommen. Diese Einflüsse wurden aber bei Ermittelung des ersten Werthes mit in Rechnung gezogen. Man kann daher richtiger den Wärmeverlust bei Doppelfenstern zu 1,5 bis 2 Calorien annehmen.

In gleicher Weise wurden für andere Bautheile die Wärmeverluste berechnet und diese pro □m. und Stunde bei 1° C. Temperaturdifferenz je nach Constructionsweise und den variablen Dimensionen in folgenden Coefficienten ermittelt:

bei Zimmerfussböden . . . . 0,4—0,6
 = Zimmerdecken . . . . 0,5—0,7
 = Zimmerthüren . . . . 1,3—1,5

Bezeichnet man mit T die innere, mit t die äussere, kältere Temperatur, mit M die Fläche der Wand in □m., mit F die Fensterfläche, mit a die in der Tabelle (S. 106) für die verschiedenen Wandstärken angegebene Wärmedurchgangszahl, während sie für Fenster zu 3 angenommen werden kann, so ist unter der Voraussetzung, dass die Unterschiede beider Temperaturen gleich gross bleiben, die in der Stunde durch die Wand verloren gegangene Wärme

$$= (T - t)(Ma + 3F).$$

Setzt man für Fussböden 0,6, für Decken 0,9 als Durchgangszahl, dann ist die Abkühlung eines Zimmers mit einer Aussenwand von 7 Meter Länge und 0,5 Meter Stärke, einer ebenso langen Flurwand von 0,3 Meter Stärke und 2 Scheidewänden von 6 Meter Länge, einer Zimmerhöhe von 4 Metern mit 3 Fenstern à 3 □meter in der Aussenwand, wenn die äussere Temperatur —15°, die Temperatur in Flur 10° und die Tem-

peratur im Zimmer sowie in den beiden Nebenzimmern $+15^0$, unter dem Fussboden 5^0 und über der Decke 0^0 beträgt:

$$= 30\,[(28-9)\,(0{,}99+3{,}9)] + 5\,(28\,.\,1{,}39) + 10\,(42\,.\,0{,}6) + 15\,(42\,.\,0{,}9) = 2388 \text{ Calorien.}$$

Die Mauern unserer Häuser stellen gewaltige Wärmereservoire dar, die langsam grosse Wärmemengen aufnehmen und sie ebenso langsam an die kühlere Umgebung abgeben können.

Im Winter werden die Mauern vom Zimmer aus, im Sommer durch die Sonne geheizt. Die Luft, welche nunmehr durch die Mauer hindurchtritt, nimmt von dieser Wärme auf, sie wird vorgeheizt. In einem nicht ausgeheizten Zimmer tritt, sobald man zu heizen beginnt, durch die kalten Wände kalte Luft herein, und sie entziehen uns ausserdem Wärme durch Abstrahlung. In das ausgeheizte Zimmer tritt durch die Mauern vorgewärmte Luft herein und unser Wärmeverlust durch Abstrahlung wird unfühlbar gering. Welch grosse Wärmequantitäten in den Mauern zurückgehalten werden, fühlt man deutlich, wenn nach heissem Wetter eine plötzliche Abkühlung durch Gewitter eintritt; dann sind oft noch Tage lang die Zimmer unerträglich warm, solange nicht alle Fenster offen stehen.

Je dicker die Mauer ist, um so weniger wird die Innentemperatur der Räume von der Aussentemperatur beeinflusst.

Dies gilt namentlich bezüglich der im Hochsommer durch die Sonnenbestrahlung der Wände mitunter bis zur Unerträglichkeit gesteigerten Innentemperatur der Wohnräume.

Die Ostwand eines Hauses in Berlin zeigte in ihrer innersten Schichte eine Temperatur, die sich im Maximum um $7-8^0$ über die der unbestrahlten Wände und über das Tagesmittel erhob.

Die Zeit, die zwischen dem Temperaturmaximum der äussersten Mauerschichte (3 Cm. Tiefe) und dem Maximum der innersten Schichte (35 Cm. Tiefe) lag, betrug 6—7 Stunden.

Dieses Maximum der inneren Mauerschichte liess sich als ausschliessliche Folge der äusseren Bestrahlung nachweisen. Dasselbe trat um 9 oder 10 Uhr Abends ein, also zu einer Zeit, in der ausserhalb der Wohnung die Temperatur sinkt und das Minimum erreicht. Dadurch wird es ermöglicht, dass wir innerhalb unserer Wohnungen leicht einer fortdauernden Einwirkung extrem hoher Temperaturen ausgesetzt werden. Im Allgemeinen reicht nämlich die Erwärmung der inneren Oberflächen der bestrahlten Wände bis zu $3^1/_2{}^0$ über die nicht bestrahlten hinaus und das Maximum dieser Erwärmung tritt fast stets zur Abend- oder Nachtzeit ein (bei der Ostwand etwa um 9 Uhr, bei der Südwand um 12 Uhr und bei der Westwand um

3 Uhr Nachts). Die Bewohner werden also gerade dann, wenn die Hitze des Tages weicht, den hohen Wärmegraden der umgebenden Wände und der durch diese erwärmten Luft ausgesetzt.

Es werden durch die erwähnten Vorgänge zwar nicht so hohe Temperaturen erreicht wie am Tage, aber diese Erwärmung der Wände wirkt auf die Wärmeabgabe von unserem Körper mindestens ebenso hindernd ein, wie eine Erhöhung der Lufttemperatur um die mehr als doppelte Anzahl von Graden. Die Bewohner vieler Häuser befinden sich somit zur Zeit des Hochsommers in ihren Wohnungen dauernd in Verhältnissen, die eine Entwärmung des Körpers aufs äusserste erschweren.

Das drückende Gefühl, welches wir an heissen Sommertagen zur Nachtzeit in den Wohnungen empfinden, während wir uns im Freien viel wohler fühlen, ist durch diese Untersuchungen in seinen Ursachen erklärt.

Einen guten Schutz gegen diese Einflüsse der Bestrahlung sowie gegen Wärmeverlust im Winter bieten dicke Mauern. Die folgende Tabelle von FERRINI[1]) zeigt jedoch, dass der Wärmedurchgangscoefficient einer Mauer mit deren Dicke abnimmt; überdies erkennt man leicht, dass die successiven Abnahmen derselben für successive gleiche Zunahmen der Mauerdicke immer kleiner werden.

Dicke der Wand in Metern	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Wärmedurchgangscoefficient . . .	2,30	1,73	1,39	1,16	0,99	0,87	0,77	0,70	0,63	0,58
Differenzen	—	0,57	0,34	0,23	0,17	0,12	0,10	0,07	0,07	0,05

Es folgt aus diesen Zahlen, dass von einer gewissen Grenze eine Vermehrung der Mauerdicke zur Verhinderung von Wärmeverlusten nichts mehr beiträgt, d. h. dass es eine Grenze gibt, wo eine Vergrösserung der Mauerstärke aus Gründen der Wärmeökonomie keinen Nutzen mehr gewährt. Im hohen Norden, z. B. in Island, wo die Gebäude einen grossen Theil des Jahres im Schnee eingeschneit und vollständig unzugänglich liegen, macht man die Mauern 10 Fuss stark. Es genügt dann das Herd- und Beleuchtungsfeuer, um die Temperatur erträglich zu machen. Starke Mauern schützen ebenso vor Sonnenbestrahlung als vor Kälte, doch wird der Zweck durch die sibirischen und in Hochgebirgen üblichen Holzbauten noch besser erreicht, in denen die Menschen unter gleichen Temperaturbedingungen

1) FERRINI: Technologie der Wärme. Deutsch von SCHRÖDER. Jena 1878. S. 62.

leben, wenn letztere auch nur kürzere Zeit stabil andauern. Eine 2 Fuss starke Holzwand dürfte denselben Schutz gewähren, wie eine 10 Fuss starke Steinwand. Weniger kostspielig würde eine Construction der Mauern aus zwei durch eine Luftschicht getrennten Theilen sein.

Ferrini[1]) hat die grössere Wirksamkeit einer solchen Hohlmauer, gegenüber einer massiven Mauer von gleicher Dicke wie die Einzelmauern zusammengenommen, rechnerisch dargethan.

Wenn die Luft in der Hohlmauer frei zu- und abströmen kann, so kann eine Erwärmung der inneren Schichte nur in äusserst geringem Grade stattfinden. Es muss ausserdem möglich sein, eine solche Luftschicht für die kalte Jahreszeit abzuschliessen, und man würde alsdann ein Mittel haben, um die Ausstrahlung und die Erkaltung der Räume in ebenso vollkommener Weise zu hindern, wie im Sommer die Erwärmung. Die lufthaltigen Ziegel werden nur theilweise einen derartigen Effect haben; die Quantität der aufgespeicherten Wärme wird allerdings geringer, aber die Masse des zusammenhängenden Materials ist noch gross genug, um eine erhebliche Fortpflanzung der Wärme zu gestatten. Eine solche schützende Doppelwand ist natürlich auch weit einfacher aus Holz, Leinwand, Stroh u. s. w. oder auch nur durch ein Beranken der Wand mit Blattgewächsen herzustellen (Flügge)[2]).

3. *Festigkeit und Frostbeständigkeit der Baumaterialien.*

Wenn der Hygieniker auch nicht in die Lage kommen wird, die Druckfestigkeit und Frostbeständigkeit von Bausteinen selber zu prüfen, vielmehr diese Untersuchungen den mit den erforderlichen maschinellen Einrichtungen ausgerüsteten mechanisch-technischen Laboratorien oder Festigkeitsprüfungsanstalten überlassen wird, so muss er doch wissen, wie die Untersuchungen ausgeführt und wie die gewonnenen Resultate dargestellt und beurtheilt werden, da die Frostbeständigkeit der Bausteine auch hygienisches Interesse hat.

Bestimmung der Druckfestigkeit und Frostbeständigkeit nach der von Prof. Bauschinger im mechanisch-technischen Laboratorium der technischen Hochschule in München eingeführten Methode.

Zur Prüfung werden Steine in Würfelform von 7 Cm. Kanten-

1) Vgl. Ferrini: Technologie der Wärme. Deutsch von Schröter. Jena 1878. S. 64.

2) Flügge: Das Wohnungsklima zur Zeit des Hochsommers. Beiträge zur Hygiene. Leipzig 1879. S. 3 etc.

länge, deren gegenüberliegende Druckflächen durch Abhobeln mit Diamant genau geebnet sind, verwendet.

Die Steinwürfel werden zunächst bei 30° bis zur Gewichtsconstanz getrocknet und nach dem Erkalten gewogen. Für die Prüfung einer Gesteinssorte sind 18 Probewürfel erforderlich. Sechs dieser Probestücke werden zu Druckversuchen im trockenen Zustand verwendet, indem sie mit den gehobelten Druckflächen ohne Zwischenlagen zwischen Druckplatten gelegt werden, von denen eine nach allen Seiten hin frei beweglich sein muss, um eine satte Anlage der Druckflächen und gleichmässige Vertheilung des Druckes über dieselben zu erhalten.

Das Zerdrücken geschieht in einer Festigkeitsprüfungsmaschine, bei welcher in der Regel die Kraft durch eine hydraulische Presse ausgeübt und die Belastung der Probekörper mittelst einer Hebelwaage abgewogen wird. (Eine der vollkommensten dieser Maschinen ist die Universalfestigkeitsmaschine von Werder [von Kramer-Klett in Nürnberg hergestellt]). Drei von den erwähnten 6 Probestücken werden senkrecht und drei parallel zum Lager zerdrückt. Bei sämmtlichen Probestücken wird durch Ausmessen oder mittelst der hydrostatischen Wage das Volumen ermittelt. Das Trockengewicht des Würfels dividirt durch das Volumen ergibt das specifische Gewicht des Steins.

Sechs andere Probestücke werden nunmehr für die Druckprobe in wassersattem Zustand verwendet.

Um dieselben in möglichst wassersatten Zustand zu versetzen, muss alle Luft aus den Poren derselben verdrängt werden. Dies geschieht dadurch, dass die Steinwürfel zunächst nur 2 Cm. tief in destillirtes Wasser von 15—20° C. getaucht werden. So bleiben sie etwa 24 Stunden liegen. Erst nach und nach wird so viel Wasser zugegeben, dass sich die Steine vollständig unter Wasser befinden. Diese Procedur ist nach etwa 3—4 Tagen beendigt.

Nun erst werden die Steine mit einem Tuch äusserlich abgetrocknet und die Wasseraufnahme durch Abwägen ermittelt.

Das Zerdrücken geschieht in derselben Weise, wie oben beschrieben, und zwar werden 3 Würfel senkrecht und 3 parallel zum Lager zerdrückt. Mit den übrigen 6 Probestücken wird nun die eigentliche

Frostprobe

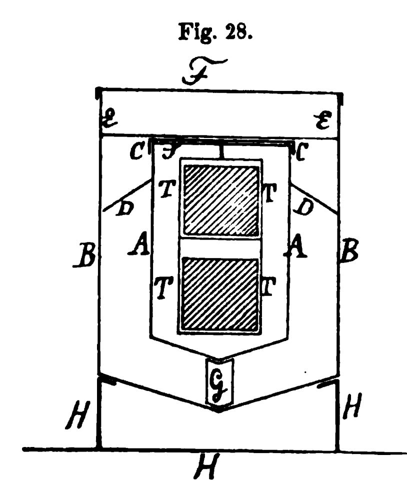
ausgeführt[1]). Die Steinwürfel von 7 Cm. Kantenlänge, welche in

[1]) Ad. Blümcke: Ueber die Frostbeständigkeit von Materialien. Centralblatt der Bauverwaltung. Berlin, Jahrg. V, 1885. S. 379 ff.

der erwähnten Weise durchfeuchtet wurden, werden zunächst in den Gefrierapparat gebracht.

Fig. 28 stellt einen Querschnitt des von A. BLÜMCKE construirten Apparates dar. Die Steine kommen auf das Drahtgestell T, welches an der Stange S aufgehängt ist und das sich in dem cylindrischen, unten trichterförmig verlaufenden und durch den Deckel C verschlossenen Blechgefäss A befindet. A ist in das grössere, gleichgeformte Gefäss B so eingelassen, dass zwischen beiden ein Zwischenraum von 5 Cm. bestehen bleibt, der mit einer Kältemischung ausgefüllt wird. A wird getragen durch die Stütze G und in seiner Lage durch die Drähte D, welche an entsprechenden Oesen befestigt sind, fixirt. Auf B ruht das durch den Deckel F verschliessbare 5 Cm. hohe Gefäss E, das ebenfalls zur Aufnahme von Kältemischung dient. Die ganze Vorrichtung steht auf einem einfachen Gestell H. Das Gefäss B wird nach dem Versuch durch einen Heber entleert.

Fig. 28.



Als Kältemischung dient ein Gemenge von 3 Theilen zerkleinerten Eises und 1 Theil Kochsalz (sogen. Steinsalzmehl). Dadurch wird in dem Gefäss A eine Kälte von —15° C. erreicht. An einem in A befindlichen Thermometer wird die Temperatur abgelesen.

Die Steinwürfel bleiben 4 Stunden im Apparat (grössere Steine, z. B. Ziegelsteine, 12 Stunden) und werden dann wieder in je ein mit destillirtem Wasser von +15—20° C. gefülltes grösseres Becherglas gebracht, in welchem sie ebenfalls 4 Stunden bleiben. Dann gibt man sie wieder in den Gefrierkasten u. s. w., bis sie 25 mal gefroren und wieder aufgethaut sind; denn nur der Wechsel (Gefrieren und Aufthauen) bewirkt die Zerstörung. Ein Versuch dauert demnach 8—10 Tage, da die Steine während der Nacht im Gefrierapparat bleiben. Nach dem letztmaligen Gefrieren und Aufthauen werden die Steine nass gewogen, und zwar in Luft und unter Wasser, dann bei 30° C. getrocknet und wieder gewogen und auf diese Weise ihr Volumen und ihr Trockengewicht nach dem Gefrieren und damit die Aenderungen derselben, sowie auch ihr specifisches Gewicht gefunden.

Die in dem Aufthauwasser befindlichen, vom Stein abgelösten Theilchen werden auf einem Filter gesammelt, getrocknet und gewogen. Das filtrirte Aufthauwasser wird in einer Porzellanschale verdampft und der Rückstand nach dem Trocknen gewogen. Der in der letzterwähnten Weise bestimmte (in Procente umgerechnete) Verlust stimmt mit dem durch das Wiegen des Steins bestimmten nicht genau überein.

Ausserdem werden die Veränderungen (Abbröckeln, Risse, Sprünge u. s. w.), welche der Stein beim jedesmaligen Gefrieren erleidet, genau notirt, Risse u. s. w. mit farbigem Stift auf demselben angemerkt und zwar geschieht dies nach jedesmaligem Gefrieren und Aufthauen.

Die bei diesen Untersuchungen erhaltenen Resultate werden in einer Tabelle (siehe S. 114) zusammengestellt[1]).

Ad. Blümcke zieht aus seinen Untersuchungen den Schluss: „Ein Material ist um so frostbeständiger, je geringer das Gewicht der Theilchen ist, die es bei einer bestimmten Anzahl von Gefrierungen verliert."

Es liegt aber auf der Hand, dass dieser Gewichtsverlust allein nicht massgebend für die Beurtheilung der Frostbeständigkeit sein kann. Jedenfalls sind die makroskopischen Veränderungen (Risse, Löcher, Spalten u. s. w.), welche der Stein erleidet, in gleichem Masse in Betracht zu ziehen.

Mit der Bestimmung des Frostbeständigkeitsgrades ist, wie Blümcke ausführt, eine angenäherte Zeit gegeben, welche ein Stein bis zu seiner Verwitterung aushalten kann. Es lässt sich nämlich mit einer gewissen, allerdings rohen Annäherung bestimmen, wie oft in einem Durchschnittswinter Frost und Thauwetter wechseln. Weiss man nun, wie viel Gefrierungen ein Stein aushält, bis er verwittert, so ist damit sofort bekannt, wie viel Jahre er bis zu seiner sichtbar werdenden Verwitterung nöthig hat.

Wird die Prüfung, wie oben beschrieben, an vollständig durchtränkten Steinen ausgeführt, so wird sich die so ermittelte Zeit natürlich auf den allerungünstigsten Fall beziehen.

Bei der Ausführung der Frostprobe an Ziegelsteinen ist der Stein so zu verwenden, wie er von der Fabrik geliefert wird.

In grossen und industriereichen Städten kommt, wie schon früher erörtert wurde, ausser dem Frost namentlich auch die kohlensäure- und

1) Resultate der Prüfung der wichtigsten Bausteine des Grossherzogthums Baden. Karlsruhe 1888. S. 20 u. 21. — Mittheilungen aus dem mech.-technischen Laboratorium der kg. techn. Hochschule von J. Bauschinger. Heft 19. 1889.

schwefeligsäurereiche Luft in Betracht, aus welcher das die Steine imbibirende Wasser diese Gase aufnimmt. Eine fernere, bisher wenig beachtete Ursache des Verfalls von Bausteinen ist der abschleifenden Einwirkung des vom Winde gegen die Steinflächen geworfenen Strassenstaubs zuzuschreiben. Man kann sich von der Intensität dieser Wirkung leicht überzeugen, wenn man Steine verschiedener Härte kurze Zeit einem Sandgebläse aussetzt.

Bezüglich des Einflusses der Atmosphärilien auf Bausteine ist ein sorgfältiges Beobachten der bezüglichen Erscheinungen in der Natur, sowie das Sammeln der an bereits verwendeten Materialien gemachten Erfahrungen angezeigt und zwar sind namentlich zu beobachten die Einwirkung

1. der Sonne (Reissen und Springen der Steine);

Material und Fundort	Druckfestigkeit im trockenen Zustand					Druckfestigkeit im nassen Zustand					
	Exemplar	Specifisches Trockengew.	Druckfestigk. Kgr. pro □cm.	Richtung zum Lager	Bemerkungen	Exemplar	Specifisches Trockengew.	Wasseraufn. in Volum-%	Druckfestigk. Kgr. pro □cm.	Richtung zum Lager	Bemerkungen
Kalkstein aus einem neu eröffneten Bruch im Thale des Biesenbachs bei Epfenhofen. Weisser Jura (s. nach Queenstadt)	a	2,52	1130	⊥	Gleichmässiger Bruch	g	2,52	6,0	914	⊥	[illegible]
	b	2,46	1060	⊥	do.	h	2.43	9,0	631	⊥	[illegible]
	c	2,41	1010	⊥	do.	i	2,52	6,1	1049	⊥	[illegible]
	d	2,49	1300	∥	do.	k	2,48	6,0	867	∥	
	e	2,48	1180	∥	do.	l	2,52	6,4	1026	∥	[illegible]
	f	2,43	760	∥	do.	m	2,53	5,8	1051	∥	[illegible]

Das Material ist: Nicht frostbeständig.

2. der Luft und insbesondere der Kohlensäure;

3. des Regens und der Feuchtigkeit in Bezug auf Auswaschen und Zersetzen der Steine;

4. der Temperatur.

Zur Prüfung der **Ziegelsteine auf das Vorhandensein löslicher Salze** werden 5 solcher Steine und zwar solche, welche noch nicht vom Wasser berührt worden sind, der Untersuchung unterworfen. Von denselben werden nur Massentheile aus dem Innern verwendet. Dieselben werden gepulvert, bis alles durch ein Sieb von 900 Maschen pro □cm. geht; dann wird durch ein Sieb von 4900 Maschen pro □cm. der feine Staub abgesiebt und das zwischen dem 900- und 4900-Maschensieb verbleibende Material untersucht. Es werden 25 Gr. mit 250 Cbcm. destillirtem Wasser ausgelaugt, unter ungefährem Ersatz des verdampfen-

Gefrier-Probe.

…efrieren		Verhalten und Aussehen während und nach 25maligem Gefrieren	nach dem Gefrieren						
Trockengew.	Wasseraufn. in Volum-%	Die Ziffern 5., 10., 11. u. s. w. bedeuten: nach dem 5., 10., 11. u. s. w. Gefrieren	Verlust an Bestandtheilen, welche im Wasser löslich Gew.-Proc	Verlust an Bestandtheilen, welche im Wasser unlösl. Gew.-Proc.	Volumänderung Proc.	Specifisches Trockengew.	Druckfestigk. Kgr. pro □cm.	Richtung zum Lager	Bemerkungen.
,43	9,2	4. mitten durchgerissen. 5. die Zerstörung schreitet weiter fort. 25. in vielen Schichten gelockert und total auseinander gesprengt. Dünne Plättchen abgeschiefert	0,05	2,68	—0,65	2,37	—	—	Durch den Frost so zerstört, dass eine Druckprobe nicht möglich
,45	8,3	5. ein Schiefer losgelöst und ein Riss an einer Ecke entstanden. Hält sich besser als der vorige. 15. Abschieferungen an einer Ecke. Aus einer Fläche grosse muschelige Stücke abgetrennt.	0,03	2,80	—2,84	2,45	966	⊥	Bruch normal
,44	8,8	8. mitten durchgerissen. 25. Aussehen und Zerstörung ähnlich wie bei n	0,08	1,82	—0,91	2,41	—	—	Durch den Frost vollständig zerstört
,59	3,5	11. Plättchen abgesprungen. 25. nur einige Plättchen abgesprungen, sonst gut erhalten. Dieser Stein ist von anderem Aussehen als die übrigen, in Farbe hell und dunkel	0,04	0,25	—0,30	2,52	1151	||	Bruch normal
,49	7,1	4. es zeigen sich verschiedene kleine Risse. 5. die Zerstörung schreitet fort. 25. wie Exemplar n vollständig zerstört	0,06	4,42	—3,87	2,47	—	—	Durch den Frost so zerstört, dass eine Druckprobe nicht möglich
,46	8,0	4. starke Risse längs einer Kante. Ablösen einer Schiefer inmitten einer Fläche. 25. ähnlich wie Exemplar o, doch etwas stärker durch den Frost angegriffen	0,06	1,74	—1,40	2,44	666	||	Bruch normal

den Wassers eine Stunde gekocht, filtrirt, ausgewaschen. Die Menge der vorhandenen löslichen Salze wird durch Verdampfen der Lösung und schwaches Glühen festgestellt. Die Menge an löslichen Salzen ist in Procenten vom Steingewicht anzugeben.

Die erhaltene Salzmasse wird quantitativ analysirt.

Ausser Frost und Hitze, Wasser, Kohlensäure und anderen Gasen (Schornsteingasen) kommen auch die Verwesungsproducte organischer Körper und niedere Pilze als zerstörende Agentien in Betracht.

Die Dauerhaftigkeit der Bausteine wird in erster Linie durch die chemisch-physikalische Beschaffenheit bedingt. Die Widerstandsfähigkeit gegen die Einwirkung der Atmosphärilien und die Temperaturschwankungen ist je nach den chemischen Bestandtheilen der Mineralcomponenten verschieden. Ausserdem ist die Structur und der Porositätsgrad von Bedeutung. Porenloses, homogenes Steinmaterial besitzt grössere Dauerhaftigkeit, als sehr poröse Steine.

Von grossem Einfluss auf die Dauerhaftigkeit ist der verschiedene Ausdehnungscoefficient der Mineralcomponenten in der Wärme. Hierin liegt häufig die Ursache der baldigen Zerstörung von Steinen, welche aus verschiedenen Minerialien zusammengesetzt sind.

Die schädliche Wirkung der sogenannten Bruchfeuchtigkeit bei natürlichen Steinen wurde bereits früher (S. 45) erörtert.

Conservirung von Bausteinen.

Der Hygieniker wird häufig zu Rathe gezogen, um die Ursache von Zerstörungserscheinungen, Auswitterungen u. s. w. an Steinen zu ermitteln und die Mittel zur Verhütung derselben anzugeben. Diese Mittel und Massregeln, welche je nach der Ursache sehr verschieden sind, werden an den geeigneten Stellen erörtert werden. Hier sollen nur die Conservirungsmittel von Steinen, welche den Zweck haben, die letzteren vor der schädlichen Einwirkung von Atmosphärilien, Schornsteingasen, Staub, Flechten- und Pilzvegetationen zu schützen, kurz erörtert werden.

Von anorganischen Conservirungsmitteln ist besonders das Wasserglas zu erwähnen, welches sich aber nur zur Conservirung poröser natürlicher oder künstlicher Steine (Backsteine) eignet. Die Lösung darf nicht zu concentrirt sein und nicht zu oft aufgetragen werden, weil sonst dicke, spröde, zur Abblätterung neigende Krusten entstehen. Bauten, welche in rationeller Weise mit Wasserglas behandelt wurden, zeigen wie z. B. die Karlskirche und die Rossauer Kaserne in Wien, auch noch nach vielen Jahren ein unverändert

frisches, tadelloses Aussehen. Sehr zu empfehlen ist die nachherige Behandlung des Anstriches mit Chlorcalcium, wobei sich ein weniger spröder, gelatinöser Niederschlag von Kalksilikat in den Poren der Steine bildet. Zum Schutz gegen Säuredämpfe und dgl. hat man mit gutem Erfolg die Steine mit in Theer gelöstem Asphalt imprägnirt. Als gutes Präservativ haben sich auch Lösungen von Kautschuk in Schwefelkohlenstoff oder Terpentin und dgl. bewährt.

Alle diese Mittel müssen vorsichtig, d. h. nur so lange aufgetragen werden, als noch Absorption stattfindet, die Poren also noch nicht vollkommen gefüllt sind. Es sollen nur ganz dünne, elastische, aber keine dicken, harten Krusten entstehen, welch letztere in Folge der verschiedenen Ausdehnung bei extremen Temperaturschwankungen bei wenig widerstandsfähigen Steinen zu Abblätterungen führen würden.

Auch das Schleifen und Poliren der Steine, in Folge dessen dem Staube, Flechtenkeimen u. s. w. weniger Angriffspunkte geboten werden, wirkt conservirend, besonders bei nachheriger Imprägnirung der Steine mit geeigneten Mitteln, z. B. bei Sandsteinen und Tuffen mit Wasserglas und Chlorcalcium, bei Kalksteinen (zur Verhütung von Flechtenansiedelungen) mit oxalsaurer Thonerde (Auftragen von schwefelsaurer Thonerde und dann Oxalsäure und schliesslich zur Fällung der Schwefelsäure Barytwasser) oder mit Barytwasser und Borsäure.[1])

FÜNFTES CAPITEL.

Der Bau des Wohnhauses.

Der Bau des Wohnhauses sollte womöglich in die wärmere Jahreszeit fallen, weil in derselben die Austrocknung der Mauern und der Gang, sowie die Dauer des Erhärtungsprocesses am günstigsten sind. Diese Vortheile der Jahreszeit sollten daher allen Gebäuden mindestens einmal zu Gute kommen. Häuser, welche zu Anfang oder im Laufe des Winters fertig gestellt werden, sollten bei unseren klimatischen Verhältnissen vor Ende des Sommers nicht bezogen werden.

Beim Baue des Hauses unterscheidet man verticale Mauern und horizontale Wände. Die verticalen Mauern des Hauses

1) Nach H. Hauenschild: Handbuch der Architektur von Durm, Ende etc. I. Theil. 1. Bd. S. 105 und Burnell, G. On building-stones-the causes of their decay, and the means of preventing it. Builder 1860. S. 132 etc.

sind entweder äussere (Aussen- oder Umfassungsmauern), oder innere (Mittel- und Scheidemauern).

Die horizontalen Wände des Hauses befinden sich zwischen den einzelnen Geschossen und heissen Zwischengeschosswände, Decken, Zwischenböden oder Zwischendecken.

I. Die Umfassungsmauern des Hauses.

Die Aussen- oder Umfassungsmauern sind in ihren unteren Theilen (Fundament u. s. w.) dicker als in den oberen. Für Umfassungsmauern aus Backsteinen gilt der Grundsatz, dass dieselben von 2 zu 2 Stockwerken immer um 1/2 Stein zu verstärken sind. Ein je besserer Wärmeleiter das Baumaterial ist, desto dicker müssen die Mauern sein. Für Backsteine sollte die Dicke nicht unter 38 Cm. (1 1/2 Stein) betragen. Demnach sind die Umfassungsmauern der beiden obersten Stockwerke 1 1/2 Ziegel stark, die folgenden 2 Etagen 2 Stein stark, dann die nächsten beiden 2 1/2 Stein stark auszuführen. Die Aussenmauern des Kellers müssen unter allen Umständen 1/2 Stein dicker als die des Erdgeschosses sein.

Da unsere Ziegel (dentsches Normalziegelformat) 25 Cm. lang, 12 Cm. breit sind, so ergeben sich folgende Mauerstärken:

1 Stein	stark	25 Cm.	wobei die erforderlichen Kalkfugen mit eingerechnet sind.
1 1/2 „	„	38 „	
2 „	„	51 „	
2 1/2 „	„	64 „	
3 „	„	77 „	

1. Umfassungsmauern aus natürlichen Steinen.

Zum Baue der Umfassungsmauern sind sehr poröse Bausteine zu wählen, deren vielfache Vorzüge für den Wohnungsbau in dem vorausgehenden Capitel erörtert wurden.

Die natürlichen Bausteine, so sehr sie sonst allen baulichen Erfordernissen der Festigkeit, Wetterbeständigkeit u. s. w. entsprechen, besitzen die so wichtigen Eigenschaften der Porosität, des Wasserleitungsvermögens u. s. w. in sehr verschiedenem, meist aber in ungenügendem Grade. Die sogenannten krystallinischen Massengesteine (Granit, Syenit, Quarz, Porphyr u. s. w.), deren krystallinisches, glasartiges Gefüge eine fast vollständige Undurchlässigkeit für Luft und Wasser bedingt, sind deshalb zum Baue der Mauern ungeeignet und sie werden auch glücklicherweise ihres hohen Preises und ihrer schwierigen Bearbeitung halber zum Wohnungsbaue nur selten verwendet. Häuser aus solchem Material sind kalt und un-

behaglich und werden in Folge von Wassercondensation an der Innenwand der Mauern bald sehr feucht und ungesund, gerade so wie Wohnhäuser, deren Mauern aus sonstigen verglasten Massen, z. B. aus Hochofenschlacken hergestellt sind. Diese Uebelstände können übrigens, wie schon S. 71 erwähnt wurde, durch Anwendung starker Mörtelbänder sehr vermindert werden.

Zu den besseren natürlichen Bausteinen gehören die vulkanischen oder jüngeren Eruptivgesteine, welche durchweg lockeres Gefüge und grosse Durchlässigkeit besitzen, deren Bedeutung als selbstständige Bausteine jedoch ihres örtlich beschränkten Vorkommens wegen eine untergeordnete ist (Porositätscoefficienten bis 32,2 beim Sollinger Kalk-Tuff und 25,07 beim Trachyt-Tuff von Deva). Viel verbreiteter und bedeutsamer für den Wohnungsbau sind die Flötzgebirge, besonders die verschiedenen Arten der Sandsteine, Kalksteine, Geschiebe u. s. w., „die in unseren Breiten die mannigfachste Verwendung im Bauwesen gefunden und demselben nach Kunst- und Constructionsform ihr Gepräge aufgedrückt haben.“ Dieselben besitzen jedoch Eigenschaften, welche sie nach heutiger Auffassung für den Wohnungsbau stark zurücktreten lassen. In Folge ihrer Zusammensetzung sind die Sandsteine, besonders die mit thonigem Bindemittel, sehr geneigt Feuchtigkeit aufzunehmen, und wie die Versuche von Lang (S. 103) zeigen, lange fest zu halten; während andere Bausteine, wie z. B. Kalktuffstein bei Durchfeuchtung eine relativ geringe Einbusse der Permeabilität erleiden, werden Sandsteine dadurch fast ganz undurchlässig (vgl. S. 102). Auch die Kalksteine haben (wie schon früher S. 44 erwähnt) mannigfache Nachtheile, namentlich hinsichtlich der Dauerhaftigkeit. (Wirkung der Schornsteingase auf dolomitische und Kalkgesteine). Es erscheint demnach zeitgemäss, die natürlichen Gesteine auf Grund- und Sockelbau, sowie auf Einzeltheile, wie Gesimse, Eckquaderungen, Säulen und sonstige rein äusserliche Anlagen zu beschränken, für die Masse der Mauern und Wände aber die natürlichen Steine auszuschliessen und auf Stoffe Bedacht zu nehmen, die ausser den hygienischen noch andere technische und bauwirthschaftliche Vortheile bieten, also an ihrer Stelle den künstlichen Stein, namentlich den gebrannten Ziegel zu verwenden. Abgesehen davon, dass die natürlichen Steine den hygienischen Anforderungen häufig nicht entsprechen, zeigen dieselben auch ein keineswegs gleiches Verhalten, entsprechend den zufälligen oder wechselnden Umständen ihrer Entstehung und ihres Fundortes. Derselbe Fundort, dieselbe Art liefert keineswegs immer den gleichen Stoff, dieselben Bestandtheile, dasselbe Gefüge und

Verhalten. Eine geregelte, auf heutigem Fusse betriebene Fabrikation künstlicher Baustoffe aber kann dieselben durchaus gleichartig herstellen und so bereiten, dass gerade die gewünschten Eigenschaften zur Geltung kommen.[1])

2. Umfassungsmauern aus künstlichen Steinen (Backsteinen).

Die erforderlichen hygienischen Eigenschaften einer Wohnhausmauer, nämlich genügende Durchlässigkeit, Trockenheit, Warmhaltung, lassen sich am besten durch die Verwendung von guten Backsteinen zum Baue erzielen, weshalb auch der Ziegelbau immer mehr in Aufnahme kommt, selbst da wo natürliche Steine zur Verfügung stehen. Im Ziegelbau ist die Grundlage einer gesunden Bauart gefunden, wenn er richtig ausgeführt und ausgebildet wird.[2]) Werden die Umfassungsmauern aus Backsteinen hergestellt, dann sollten hierzu nur die porösesten verwendet werden. Jeder Brand liefert im Allgemeinen dreierlei Sorten Ziegelsteine: stark gebrannte, mittelgebrannte und schwach gebrannte. Es empfiehlt sich beim Baue die einzelnen Steine zu sortiren, und die dichtesten für die Grundmauern, die poröseren für die Umfassungsmauern und die inneren Mauern zu verwenden.

Die Backsteine sind durch das Reiben beim Transport mit ihrem eigenen Staub und beim Liegen an der Baustelle mit Strassenstaub bedeckt. Werden diese Steine direct ohne weitere Vorbereitung vermauert, so entzieht der Stein und der Staub dem Mörtel viel Wasser, so dass derselbe nicht mehr in die Poren des Steines dringt und kein fester Verband zu Stande kommt. Der Stein muss desshalb abgekehrt (gebürstet) und genässt werden. Das Benetzen der Steine darf aber nicht übertrieben werden, insbesondere ist der vielerorts übliche Brauch, Wasser aus Gefässen auf die Steine zu schütten oder sie ins Wasser einzulegen, verwerflich, weil hierdurch unnöthig viel Wasser in die Mauer kommt. Es empfiehlt sich vielmehr den Stein trocken abzustäuben und denselben, wie es in München üblich ist, mit dem Pinsel zu benetzen, was vollkommen ausreicht, um das Haften des Mörtels am Stein zu ermöglichen.

Bei jedem Mauerverband, der aus regelmässig geformten Steinen besteht, unterscheidet man „Binder" oder „Strecker" und „**Läufer**".

Binder oder Strecker nennt man diejenigen Steine, welche **mit ihrer längsten** Fläche nach der Dicke der Mauer liegen (Fig. 29a). Eine

---

1) Vgl. Betrachtungen über die Hochbautechnik der Gegenwart. **Zeitschrift** für Bauhandwerker 1886. S. 176 etc.

2) Vgl. Der Trockenbau. Zeitschrift für Bauhandwerker 1889. S. 31.

Schicht solcher Steine heisst Binderschicht. Läufer nennt man dagegen jene Steine, welche mit ihrer längsten Fläche nach der Längenrichtung der Mauer liegen (Fig. 29 b). Eine Schicht solcher Steine heisst Läuferschicht. Die lothrechten Fugen zwischen den Steinen nennt man „Stossfugen“ (Fig. 29 c). Die horizontalen Fugen, d. h. diejenigen, welche mit der Lagerfläche des Steines zusammentreffen, nennt man „Lagerfugen“ (Fig. 29 d).

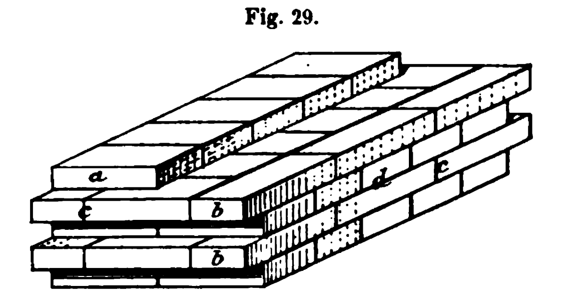
Die Hauptregeln des Steinverbandes sind:

1. Die wagerechten Fugen (Lagerfugen) zwischen je zwei Steinschichten bilden eine ebene Fläche durch die ganze Dicke der Mauer.

2. Die senkrechten Fugen „Stossfugen“ in zwei unmittelbar aufeinander liegenden Schichten dürfen nie aufeinander treffen. (Geschähe dieses dennoch, so würden sich durchgehende senkrechte Fugen ergeben, welche bei starker Belastung sich erweitern, so dass die Mauertheile auseinanderklaffen würden.)

3. Die Stossfugen müssen, soweit dies möglich ist, durch die ganze Stärke der Mauer reichen. Nur dadurch, dass die lothrechten Fugen

Fig. 29.



der einen Schicht nicht mit den lothrechten Fugen der anderen Schicht zusammentreffen, sondern dass die lothrechten Fugen der einen Schicht durch die Steine der zweiten Schicht stets vollständig gedeckt werden und womöglich auf die Mitte dieser Steine treffen, wird ein fester Mauerverband erzielt (s. Fig. 29).

Meiners schlägt vor, zum Baue der Umfassungsmauern im Interesse ihrer hygienischen Function und aus Gründen der Billigkeit die sogenannten „specifisch“ porösen Ziegel zu verwenden. Zur Herstellung derselben mengt man dem ungebrannten Thon verbrennbare Körper in Pulverform bei. Der plastische Thon wird, je nach dem Grade der zu erzielenden Porosität auf 20—40 Proc. des Volumens mit Torf- oder Kohlengrus, Lohpulver, Sägespänen, Häcksel oder anderen zerkleinerten Brennstoffen gemischt, welche dann beim Brennen der Steine verbrannt werden und zahlreiche Porenräume zurücklassen. Diese Backsteine müssen aus gutem, hartbrennendem Ziegelthon hergestellt und um eine grössere Druckfestigkeit und

Wetterbeständigkeit zu erreichen, schärfer gebrannt werden, als die schwereren Thonziegel.

Bei Anwendung derartiger leichter und poröser Ziegel erhält man die porösesten Mauern, wenn dieselben innerhalb der Mauerdicke keine mit der Wandfläche des Gebäudes parallel laufende Stossfuge (senkrechte Fuge) aufweisen, d. h. wenn sie durchweg mit Binderschichten aufgeführt werden, in denen sämmtliche Steine nicht kürzer sind, als die betreffende Mauer stark ist.

Bei dieser Anordnung besteht die Mauer in ihrer ganzen Dicke aus den sehr porösen Steinen, während senkrechte Mörtelfugen, wie sie bei Anwendung kürzerer Bindersteine nöthig wären, die Porosität der Mauer vermindern würden, da der Mörtel weniger porös ist, als die genannten Steine.

Die einzelnen Steine müssten natürlich, damit die Mauer auf den beiden Seiten gleichmässig wird, gleich lang sein, was bei den gewöhnlichen Ziegelsteinen wegen verschiedenen Brennens und Formens nicht der Fall ist.

Conrad gibt an, dass Innenwände aus porösen Ziegeln oft schon kurz nach Aufbringung des Putzes tapeziert wurden, ohne dass auf den oft reichen Tapeten Spuren von Feuchtigkeit sich erkennen lassen.

Die grossen Vortheile solcher Mauern in Beziehung auf Wärmeleitung, Trockenheit u. s. w. haben eine starke Nachfrage nach „specifisch" porösen Ziegeln zur Folge gehabt. Bitterfeld, wo seit 20 Jahren poröse Steine hergestellt werden, ist schon im Anfang des Jahres durch Lieferabschlüsse ausverkauft.

3. Porosität und Bacteriengehalt der Wände.

Es wurde bereits wiederholt betont, wie wichtig die Wahl sehr poröser Steine für Umfassungsmauern ist.

Es ist aber nöthig diese Forderung eingehend zu begründen, umsomehr, als von verschiedenen Seiten gerade das Gegentheil, die Herstellung möglichst undurchlässiger Mauern für die Wohnräume verlangt wurde.

Layet u. A. haben die Befürchtung ausgesprochen, „dass in die Poren der Wände unter gewissen Umständen pathogene Mikroorganismen gelangen könnten, die daselbst Gelegenheit finden sich zu conserviren oder sich sogar weiter zu entwickeln und unter geeigneten Bedingungen wieder in die Luft des Raumes zu gelangen."

Von diesem Gesichtspunkt aus haben Soyka u. A. impermeable Wände für Krankensäle vorgeschlagen.

Diese Befürchtungen sind nun aber nach neueren bacteriologischen Untersuchungen ganz unbegründet. Luftströme von so geringer

Intensität, wie sie bei der natürlichen Ventilation in Betracht kommen, können ebensowenig Keime von den Wandungen der Mauerporen loslösen und mit sich führen, wie die aus dem Boden entweichende Grundluft, die stets frei von Bacterien ist.

Ueber diese Fragen, ob die Bacterien in die tieferen Schichten der Mauern gelangen, oder ob sie die letztern zu durchdringen vermögen, hat HESSE Untersuchungen angestellt, die ein sehr bestimmtes Resultat ergeben haben. HESSE[1]) verwendete dabei seinen bekannten, zur Zählung der Luftkeime dienenden Apparat und er verfuhr dabei so, dass er 0,25 — 1,5 Cm. dicke, sterilisirte und trockene Sandstein-, Ziegel- und Mörtelscheiben vom Durchmesser der Luftuntersuchungsröhren (3,5 Cm.), nach Entfernung der äusseren Gummikappe unter thunlichster Abhaltung von Keimen, auf die durchlochte innere legte und sie mit einer Auflösung von Gummi in Benzin mit der Röhre schnell in luftdichte Verbindung brachte. Die mit Scheiben versehenen Röhren wurden mit der einen Oeffnung einer 7 Liter fassenden tubulirten Flasche mittels Gummistreifen verbunden. In dieser Flasche wurde eine grosse Menge trocknen Zimmerstaubes vor und während des Versuches aufgewirbelt. Die mit Staub und Bacterienkeimen beladene Luft wurde mittelst eines Aspirators durch das Stein- oder Mörtel-Diaphragma und die mit Gelatine beschickte Röhre gesaugt.

Das Resultat dieser Versuche ist in der Tabelle S. 124 zusammengestellt.

Wären diese Baumaterialstücke für Bacterien- oder Schimmel-Pilzkeime durchlässig, dann hätten zahlreiche Colonien auf der Gelatineschicht der HESSE'schen Röhre entstehen müssen, weil ja eine enorm keimreiche Luft durch die Diaphragmen geleitet wurde. In 4 Röhren hat sich, wie die Tabelle zeigt, keine einzige Colonie entwickelt, in zwei Röhren sind einige wenige und in zwei anderen je eine Colonie entstanden und zwar immer auf dem unmittelbar an das Diaphragma direct angrenzenden Theil der Gelatineschicht. Die Keime, aus welchen diese vereinzelten Colonien entstanden sind, müssen bei der Einfügung des Diaphragma's zufällig in die Röhre gelangt sein, weil durch das Diaphragma gegangene Keime bei der grossen Leichtigkeit des Luftdurchtrittes wenigstens zum Theil hätten weiter fliegen müssen.

Aus diesen Untersuchungen geht also hervor, dass die Bacterien-

1) HESSE: Ueber quantitative Bestimmung der in der Luft enthaltenen Mikroorganismen. Mittheilungen aus dem kaiserlichen Gesundheitsamte. II. Bd. 1884. S. 202 etc.

keime selbst ganz dünne Mauerschichten (von nur 1 Cm. Dicke) nicht zu durchdringen vermögen und dass sie an der Oberfläche der Mauern haften bleiben, selbst dann, wenn sie mit grosser Gewalt von Wind gegen die Mauer geschleudert werden.

Material	Dicke der Scheibe in Cm.	Menge der durch-geleiteten Luft	Zahl der Colonien auf der Gelatine	Bemerkungen
1. Sandstein, feinkörnig	1,2	2 Liter in 12 Minuten	0	
2. Ziegel defect u. rissig	0,25	2 Liter in 18 Minuten	Wenige Colonien	Wahrscheinlich befand sich in der Scheibe ein ihre ganze Dicke durchsetzender Sprung.
3. Ziegel	1,5	2 Liter in 8,66 Minuten	0	
4. Sandstein, grobkörnig	1,0	2 Liter in 2,14 Minuten	Einige Colonien	Da die Colonien dicht an der Scheibe lagen, so sind ihre Keime wahrscheinlich zufällig in die Röhre gelangt.
5. Mörtel mit Kalküberzug	1,3	2 Liter in 78 Minuten	0	
6. Sandstein	0,25	2 Liter in 7 Minuten	1	Die Colonie rührt von einem zufällig in die Röhre gelangten Keim her.
7. Ziegel	1,0	2 Liter in 12 Minuten	0	
8. Mörtel mit Kalküberzug	1,5	2 Liter in 66 Minuten	1	Zufällige Verunreinigung.
9. Keine Vorlage (Controlversuch)		1 Liter	Zahlreiche Colonien u. Verflüssig. der ganzen Gelatine.	

Dass dagegen Keime, welche durch Luftströmungen mit der Oberfläche der Mauern in Berührung kommen, leicht an derselben hängen bleiben, hat ESMARCH nachgewiesen. Dies ist jedoch in gleicher Weise bei impermeablen, wie bei porösen Mauern der Fall.

Diese Frage, ob durch die an der Oberfläche der Wandbekleidungen (Tapeten u. s. w.) haftenden Bacterien Infectionen verursacht werden können, wird später erörtert werden.

Bei denjenigen Mauern aber, welche von der Innenfläche, wie gewöhnlich einen Mörtelbewurf und darüber einen Kalkanstrich haben, werden die Bacterien auch dann, wenn die Mauer feucht

wird, in Folge des Aetzkalkgehaltes nicht zur Entwickelung kommen und die sporenfreien Bacterien werden sogar vernichtet werden.

In Folge dieser kräftig desinficirenden Wirkung des Aetzkalkes im Mörtelbewurf findet man innerhalb desselben in der Regel keine entwickelungsfähigen Bacterienkeime.

Diese Thatsache habe ich durch zahlreiche Untersuchungen festgestellt.

In dem sehr wasserreichen, mehrere Monate alten Mörtelbewurf eines sehr feuchten Zimmers wurde die Alkalität bestimmt und für 100 Gr. feuchten Mörtel 106 Ccm. Normalschwefelsäure bis zur Neutralisation verbraucht.

Mit diesem feingepulverten Mörtel wurden mehrere Gelatineplatten bestreut, welche vollkommen steril blieben. $^1/_2$ Liter Nährgelatine mit 0,5 Gr. dieses Mörtelpulvers tüchtig geschüttelt, blieb ebenfalls frei von Bacterienentwickelung.

Um die Kalktheilchen bilden sich in relativ kurzer Zeit schleierartige Höfe in der Gelatine, die makroskopisch und mikroskopisch Bacteriencolonien einigermassen ähnlich sehen und die auch von K. B. Lehmann und H. Bernheim für solche gehalten wurden, obgleich sie ersterer „vor seinen Augen entstehen sah“. Diese schleierartigen Höfe sind jedoch frei von Bacterien und lediglich durch Kalksalze veranlasst.

In sehr altem Mörtelbewurf, namentlich aber in solchem, welcher durch Abwasser und dgl. verunreinigt wurde, können dagegen Bacterienkeime in grosser Zahl vorkommen, sobald die Alkalität des Mörtels sehr gering geworden ist.

Aus einer Mörtelprobe, bei welcher für 100 Gr. nur 6 Ccm. Normalschwefelsäure zur Neutralisation nöthig waren, entwickelten sich bei Aussaat auf Gelatineplatten 5 verschiedene Bacterienarten in sehr zahlreichen Colonien. Der Mörtelbewurf einer Wand, in welcher Abtrittsjauche aus einer Grube capillar emporstieg, reagirte neutral, und die Aussaat auf Gelatineplatten zeigte, dass dieser Mörtel Bacterienkeime in enormer Zahl enthielt.

Die mitgetheilten Untersuchungen geben uns auch über das Schicksal derjenigen Bacterien Aufschluss, welche beim Bauen in die Mauer gelangen können. Die Ziegelsteine, welche beim Brennen einer Temperatur von 800° C. ausgesetzt werden, müssen absolut steril, d. h. im Innern frei von Keimen sein. Dagegen können mit dem Staub, welcher an den Steinen haftet, oder mit dem Wasser, mit welchem dieselben vor dem Verbauen benetzt werden, Bacterien in die Mauer gebracht werden.

Dieselben werden aber, abgesehen davon, dass es sich hierbei überhaupt nur um unschädliche Bacterien handelt, schon nach kurzer

Zeit durch den Aetzkalk des Mörtels, in welchen der Stein allseitig eingebettet wird, vernichtet.

Die Befürchtung, „dass sich in den porösen Wänden Bacterienkeime wie in einem Filter anhäufen und unter Umständen sogar darin vermehren und später wieder in die Luft der Wohnräume gelangen könnten," ist also unbegründet.

Die poröse Stein- und Mörtelmauer ist nicht nur kein Reservoir für Bacterien, sie ist geradezu ein die Bacterien vernichtendes Filter.

Alle Keime, welche die in die Mauer eindringende Luft mit sich führt, bleiben an der Oberfläche der Wand oder doch in der obersten Schichte des Mörtelsbewurfs zurück. Wird die Wand feucht, dann zerstört der Aetzkalk des Mörtels resp. das im Bewurf enthaltene Kalkwasser die Keime. Nur wenn der Mörtelbewurf in grober Weise (durch Abtrittsjauche etc.) beschmutzt und dadurch eine Neutralisation des Aetzkalkes herbeigeführt wird, kann es zur Bacterien-Entwickelung in der Wand kommen.

Poröse Wände sind also auch mit Rücksicht auf die Möglichkeit einer von der Wand ausgehenden Infection keineswegs bedenklicher als impermeable Wände. Im Gegentheil können die letztern in Folge der Condensation von Wasser, welches Nährstoffe aus dem Staub löst, viel leichter zum Infectionsherd werden, als die ersteren.

Die Erbauung von Häusern aus porösen Stein- und Mörtelmauern ist, wenn man alle Eigenschaften und Functionen derselben in Betracht zieht, zu den grössten und wohlthätigsten Erfindungen des Menschen zu zählen.

Wenn heute das Haus aus Backsteinmauern noch nicht bekannt wäre und es würde uns die Aufgabe gestellt, Wohnräume mit Umwandungen zu schaffen, welche niemals zum Infectionsherd werden können, die also die Ansiedelung und Vermehrung von Bacterien in und auf ihrer Masse, sowie das Eindringen von Mikroben aus dem Freien in die Wohnräume verhüten, so könnte man kein besseres Mittel ersinnen als die poröse Stein- und Mörtelmauer.

In gleichem Sinne äussert sich auch ARNOULD.[1] „Wir haben keine Beweise dafür, dass der langsame Durchzug der Luft durch die Wände etwas anderes als gasförmige Stoffe ein- und ausführen könne; es ist sogar LAYET entgegen anzunehmen, dass die Wände die Luft so vollkommen filtriren wie der Erdboden. Aber selbst wenn die Mikroben im Stande wären die Mauern zu durchdringen,

---

1) J. ARNOULD: Nouveaux éléments d'hygiène. II. Edition. 1889. p. 530.

so könnte das Haus dabei nur gewinnen, da ja die innere Luft reicher an Mikroorganismen ist, als die äussere. Die Organismen im Innern der Mauer haben für uns kein Interesse, sondern die, welche auf der inneren Oberfläche haften, durch die geringsten Erschütterungen der Luft zugeführt und vom Menschen eingeathmet werden."

Man hat aber auch noch andere, scheinbar ganz zutreffende Gründe gegen die Anwendung poröser Mauern beim Wohnhausbaue geltend gemacht.

Recknagel[1]) kommt auf Grund eingehender Betrachtungen und Untersuchungen zu dem Schlusse, dass man die horizontalen Wände, also die Decken und Fussböden, sowie alle Scheidewände, welche nicht mit einer Seite an das Freie grenzen, möglichst undurchlässig machen müsse und zwar aus dem Grunde, weil sie dem Wohnraume meist verdächtige Luft zuführen.

Durch den Boden eines Parterrezimmers beispielsweise wird Grundluft eindringen, die nicht nur reich an Kohlensäure ist, sondern auf ihrem unterirdischen Wege, aus mit Jauche imprägnirtem Boden u. dgl. Fäulnissgase oder unter Umständen in Folge der Lekage von Gasröhren Leuchtgas aufgenommen haben kann. Aber auch die durch aufrechte Wände eindringende Luft ist nicht immer gut und frisch. Denn selten wird ein Zimmer mit mehr als zwei Seiten ans Freie grenzen; auf den beiden anderen Seiten wird es an die Hausflur oder an ein anderes Zimmer anstossen, woraus nicht immer „frische" Luft, oft aber verunreinigte, aus Küchen u. s. w. zuströmen kann. Aber auch durch den Fussboden eines Zimmers der höheren Etagen wird, wenn das darunter gelegene Zimmer geheizt und bewohnt wird, offenbar nur Abluft eindringen, die durch Ausathmung und Ausdünstung der unterhalb Wohnenden und ihres Hausbetriebes verschlechtert ist. Dazu kommt, dass die durch den Zimmerboden kommende Luft im Allgemeinen den grössten Theil der zuströmenden Luft bildet, so dass die Zimmer der höheren Etagen noch schlechtere Luft, als die darunter gelegenen und die Zimmer der höchsten Etage im Allgemeinen die schlechteste Luft erhalten werden.

So richtig und zutreffend diese Thatsachen auch sind, so berechtigen sie doch noch nicht zu der Forderung, dass alle Wände mit Ausnahme der Umfassungswände impermeabel herzustellen seien.

Diejenigen aufrechten Wände, welche an das Freie grenzen, wird man unter allen Umständen aus möglichst porösem Material herstellen, da durch diese nur frische und gute Luft eindringen kann.

Aber auch die Porosität der Zwischenwände wird man nicht so

1) Recknagel: Vortheile und Nachtheile der Durchlässigkeit von Mauern und Zwischenböden der Wohnräume. Deutsche Vierteljahrschrift f. öffentliche Gesundheitspflege. XVII. Bd. 1885. S. 83 etc.

ohne Weiteres opfern, da die porösen Wände ja zugleich auch den Zweck haben Wasserdampf aufzunehmen und zeitweise wieder abzudunsten, so dass sie in bestimmtem Grade Regulatoren für die Feuchtigkeit der Binnenluft darstellen. Der porösen Wand kommt ausserdem unzweifelhaft die Fähigkeit zu Riechstoffe aus der durchgehenden Luft aufzunehmen und zu zerstören, so dass sie in gewissem Sinne und wenn auch nur in geringem Grade luftreinigend wirkt.

Impermeabele Wände dagegen beschlagen sich, auch wenn für Ventilation gesorgt ist, leicht mit Wasser, besonders wenn sie kalt sind. Dieses Wasser, welches an der Wand in Tropfen herabläuft, gibt derselben nicht nur ein unreinliches Aussehen, es löst auch anorganische und organische Stoffe aus dem Staub auf, der an der Wand haftet oder mit ihr in Berührung kommt. Es tritt dann Bacterienentwickelung, Zersetzung, Fäulniss u. s. w. ein, weshalb die Luft in solchen Räumen meist muffig riecht oder stinkt. Man wird daher gut thun die grossen, durch Jahrtausende erprobten Vortheile der porösen Wände nicht so leichten Kaufes aufzugeben. Viel rationeller ist es, dafür Sorge zu tragen, dass auch durch die, die Hausflur u. s. w. begrenzenden Wände keine schlechte Luft eintreten kann. Wenn das Zimmer durch künstliche Ventilationsvorrichtungen direct genügende Luftmengen erhält, so dringt durch diese Wände ohnedies so gut wie nichts ein. Da die durch eine Zwischenwand geschiedenen Zimmern meist von den gleichen Bewohnern occupirt sind, so liegt es ganz in der Hand derselben, eine Verunreinigung der Luft des andern zu verhüten, indem man beide rein hält. Dagegen bleibt die Forderung von impermeablen Zimmerdecken zu Recht bestehen, und diese für die Gesundheit der Bewohner so werthvolle Massnahme verdient namentlich für Miethhäuser in ortspolizeilichen Vorschriften, Landesbaugesetzen oder in einer zukünftigen Reichsbauordnung als eine wichtige Forderung aufgestellt zu werden.

4. *Hohle Umfassungsmauern (Mauern mit Luft-Isolirschichten).*

Die Wandstärke der städtischen Wohnhäuser ist bekanntlich mit der Zeit immer geringer geworden.

Die dicken Mauern der alten Schlösser und Patricierhäuser, die, ein Schutz gegen alle Witterungseinflüsse, im Winter als Wärme-, im Sommer als Kälte-Reservoire dienten, gehören der Vergangenheit an und die allgemeine Ausführung derselben ist heutzutage schon

wegen der Kosten von Baumaterial und von Grund und Boden unmöglich.

Da jedoch die dünnwandigen Häuser der Neuzeit den hygienischen Anforderungen, welche man an Wohnräume stellen muss, in vielfacher Hinsicht nicht zu genügen vermögen und da die Ersparniss, welche man durch Reduction der Mauerdicke erzielt, durch den dadurch bedingten Mehraufwand von Heizmaterial wieder reichlich aufgehoben wird, so sollte sich die Bautechnik bestreben für die dicken Mauern Ersatz zu bieten und ihre Aufgabe, eine möglichst constante Innentemperatur der Wohnräume zu schaffen, durch neue zweckmässigere und billigere Mauerconstructionen, zu lösen.

In dieser Beziehung dürfte die Construction von doppelwandigen Aussenmauern, die isolirend zu wirken haben, zu einer grossen Entwickelung berufen sein, insofern sie verschiedene hygienische Vortheile bietet und eine ökonomische Heizung ermöglicht.

Dem Techniker fällt ja nicht nur die Aufgabe zu die Mauern des Hauses so herzustellen, dass ihre im Vorausgehenden erörterten hygienischen Functionen in vollkommenster Weise von Statten gehen, er muss auch dafür Sorge tragen, dass dieselben durch äussere Einflüsse im Laufe der Zeit nicht gestört oder unmöglich gemacht werden.

Durch die Construction von Doppelmauern mit Luft-Isolirschichten wird diese Aufgabe gelöst und es ist mit Hülfe derselben möglich, auch unter den ungünstigsten klimatischen Verhältnissen trockene und trocken bleibende Wohnräume herzustellen, vorausgesetzt, dass man dabei Vorrichtungen anbringt, welche es nach Belieben gestatten die Luftschicht zwischen den Mauern abzuschliessen, oder in mehr oder weniger lebhafte Circulation zu versetzen. Ein lebhafter und anhaltender Luftwechsel lässt sich aber nicht einfach dadurch erreichen, dass man an verschiedenen gegenüberliegenden Stellen der Mauern Oeffnungen anbringt, man muss vielmehr die innere Luftschicht mit einem durch das Rauchrohr einer Feuerung u. dgl. erwärmten Luftschacht in Verbindung bringen. Die Vernachlässigung dieser Maassnahme und die in Folge dessen stets eintretenden Missstände haben zur Folge gehabt, dass man die Doppelmauer seltener anwendet, als sie es ihrer grossen Vorzüge halber verdient.

Ist nämlich die innere Luftschicht fortdauernd abgeschlossen oder ist die Circulation eine ungenügende, dann werden beide Mauern allmählich feucht. Regenwasser und Erdfeuchtigkeit können all-

mählich durch die äussere Blendmauer dringen und auf deren innerer Fläche verdampfen. Die eingeschlossene Luft wird mit Feuchtigkeit gesättigt, und wenn zu gewissen Zeiten die innere Mauer kälter ist als die Luft und die äussere Mauer, dann condensirt sich Wasser auf der ersteren und sie wird dadurch um so rascher feucht, als sie ja auch den Wasserdampf der Innenräume aufnimmt. Die Feuchtigkeit begünstigt die Ansiedelung und Vermehrung von Mikroorganismen auf den inneren Mauerflächen und in Folge der durch dieselben bedingten Zersetzungen kann die Luftschicht im Innern allmählich einen sehr unangenehmen Geruch annehmen, welcher auch zeitweise die innere Mauer durchdringen und die Luft der anschliessenden Räume in Mitleidenschaft ziehen kann. Auf diese Weise wird die Doppelmauer zur Ursache eines Uebels, das sie vermeiden sollte und auch sicher zu vermeiden im Stande ist, wenn für zeitweilige Circulation der innern Luftschicht Sorge getragen wird. Das Haus mit doppelten Wänden und mit Luftcirculation zwischen denselben markirt voraussichtlich den Beginn einer neuen Entwickelungsphase der praktischen Bauhygiene und der Beheizungsfrage der Wohnräume, denn diese Mauerconstruction bietet schon gegenwärtig, trotzdem sie nur selten angewendet wird und daher noch wenig ausgebildet ist, den gewöhnlichen Häusern gegenüber sehr viele Vortheile. Dieselbe gewährleistet, wie schon erwähnt, die dauernde Trockenheit des Hauses, da durch die Luftcirculation zwischen den Mauern die Austrocknung des Mauerwerks nach Aufführung des Neubaues sowohl, als nach jeder zufälligen Durchnässung in kurzer Zeit zu Stande kommt.

Namentlich an den Seeküsten, z. B. an den Küsten und auf den Inseln der Nordsee sind feuchte Wände und Wohnungen in Folge der häufigen Durchnässung durch Schlagregen eine weitverbreitete Calamität. Die feinen und lang andauernden Niederschläge, welche dort oft tagelang die Grenze zwischen Nebel und Regen halten und zumeist mit starker Gewalt von den Winden gegen das Mauerwerk gepeitscht werden, finden den Weg durch die feinsten Oeffnungen der Aussenwände und machen sich in höchst unangenehmer Weise durch feuchte Flächen an den Innenseiten bemerkbar. Aber auch im Binnenlande erleiden namentlich die nach Westen gelegenen Umfassungswände eines Gebäudes häufig eine vollständige Durchnässung durch den vom Wind gegen dieselben getriebenen Regen. Ausser durch Regen kann auch durch starke Winde Wasser in die Umfassungsmauern kommen, wenn dieselben hoch temperirt und reich an Wasserdampf oder damit gesättigt, die kältere Mauer mehr oder weniger senkrecht treffen. Auch starke und plötzliche Temperaturschwankungen zwischen der durchströmenden Luft und der Mauer können Wasserdampfcondensation und allmähliche Anhäufung von Feuchtigkeit in der Mauer bedingen.

Alle diese Ursachen der Mauerfeuchtigkeit und ihre schlimmen Folgen auf die Gesundheit der Bewohner können durch richtig construirte Hohl- oder Doppelmauern verhütet werden.

Von mindestens ebenso grosser Bedeutung wie für die Trockenheit des Baues, sind die Mauern mit Isolirschichten für die Wärmeökonomie und Temperaturregulirung der Wohnhäuser. Die stehende Luftschicht zwischen den Mauern ist ein schlechter Wärmeleiter und es gelingt vermittelst derselben die Wärmeabgabe der Innenräume bedeutend zu reduciren.

Ferrini hat den Widerstand einer hohlen Wand gegen Wärmedurchgang berechnet und dargethan, dass es viel zweckmässiger ist statt der Vermehrung der Mauerdicke zur Verhinderung von Wärmeverlusten hohle Wände mit stagnirenden Luftschichten anzuwenden.

Bezeichnet man mit s die aus Gründen der Stabilität nothwendige Dicke einer massiven Mauer und theilt man sie in n Theile von der Dicke $\frac{s}{n}$, welche von Luftschichten eingeschlossen und eben begrenzt sind, nennt man ferner r den Widerstandscoefficienten der Mauerschichte von der Dicke $\frac{s}{n}$, so hat man als Widerstandscoefficienten der zusammengesetzten Mauer nach Ferrini[1])

$$R = n \cdot r = n\left(\frac{1}{c_0} + \frac{1}{c_1} + \frac{s}{c_n}\right) = n\left(\frac{1}{c_0} + \frac{1}{c_1}\right) + \frac{s}{c},$$

was um $(n - 1)\left(\frac{1}{c_0} + \frac{1}{c_1}\right)$[2]) grösser ist als der Widerstand

$$\frac{1}{c_0} + \frac{1}{c_1} + \frac{s}{c},$$

welchen eine massive Wand aus gleichem Material, von der Dicke s gegen Wärmedurchgang gewährt hätte.

Die Hohlmauer kann jedoch nicht nur zur Warmhaltung der Wohnräume während des Winters, sondern auch zur Erreichung des entgegengesetzten Zweckes, zur Kühlhaltung derselben während des Sommers verwerthet werden, da die Luftschicht zwischen den Mauern Schutz gegen den Einfluss der Wärmestrahlung im Sommer bietet.

Flügge[3]) hat gezeigt (s. S. 107), dass wir lediglich in Folge der

1) Ferrini: Technologie der Wärme, übersetzt von Schröter, Jena 1878, Formel § 40, S. 58.

2) Dieser Ausdruck ist nothwendig positiv, da n als Anzahl der Wandschichten grösser ist als 1.

3) Flügge: Das Wohnungsklima zur Zeit des Hochsommers, in: Beiträge zur Hygiene. Leipzig, Veit's Verlag, 1879. S. 3 etc.

Wandbestrahlung innerhalb unserer Wohnungen während des Hochsommers einer fortdauernden Einwirkung extrem hoher Temperaturen ausgesetzt sind, in Folge dessen die Entwärmung des Körpers aufs äusserste erschwert ist. Die in Deutschland übliche Wanddicke von 50 Cm. ist in dieser Beziehung eine sehr ungünstige, da die Erwärmung der innern Oberfläche der bestrahlten Wände das Maximum fast stets zur Abend- und Nachtzeit erreicht und die Temperatur unserer Wohnungen erhöht, wenn ausserhalb derselben die Temperatur sinkt und das Minimum erreicht.

Die Temperatur der Innenfläche der bestrahlten Wände geht zwar nur bis zu 3½ Grad über die der nicht bestrahlten hinaus, aber ein Temperaturunterschied von 3½ Grad macht hier schon viel aus; bei 28 Grad warmer Körperoberfläche und 18 bezw. 21 Grad warmen Wänden, werden im ersten Falle 1700, im zweiten nur 510 Wärmeeinheiten dem Körper entzogen. Unter den Factoren, welche für die Wärmeabgabe innerhalb der Wohnräume am meisten ins Gewicht fallen, kommt ja die Temperatur der Wände in erster Linie in Betracht. Es ist sicher, dass diese hygienischen Missstände, welche in der extrem hohen Innentemperatur unserer Wohnräume zur Zeit des Hochsommers und in der Beeinträchtigung der Entwärmung des Körpers bestehen, durch die Construction von Häusern mit doppelten Wänden und circulirender Luftschicht, leicht beseitigt werden können. Es ist jedenfalls nur der mangelhaften Einsicht in die Ursache dieser Verhältnisse, durch welche der Aufenthalt in den Wohnungen oft unausstehlich wird, zuzuschreiben, wenn von einer so einfachen Maassnahme zur Beseitigung dieser Calamität, von der alle Schichten der Bevölkerung Jahr aus Jahr ein eine gewisse Zeit hindurch betroffen werden, so selten Gebrauch gemacht wird.

Das Hohlmauerwerk hat weiterhin noch den Vorzug, dass es die künstliche Ventilation und die Heizanlage der Wohnräume, wegen der Möglichkeit durchgehende Ventilationsröhren und Heizcanäle anzubringen, sehr erleichtert.

In verkehrsreichen Strassen und in den Industriebezirken der Städte bieten Häuser mit Doppelmauern auch noch die nicht zu unterschätzende Annehmlichkeit, dass die Luftisolirschicht die Fortpflanzung des Schalles wesentlich hindert, falls sie in jedem Stockwerk einen horizontalen Abschluss erhält. Die Festigkeit des Baues wird durch Hohlmauerwerk nicht beeinträchtigt, sondern eher erhöht werden, weil bei gleicher Masse die Mauersohle vergrössert wird, und da bei dieser Mauerconstruction der Verbrauch sowohl von Steinmaterial, als von Mörtel geringer ist (etwa ¼ des zu massiven Mauern von gleicher Stärke nöthigen Materials), so kommt die Herstellung der Hohlmauer mit eingeschlossener Luftschicht, welch letztere ein vorzüglicher Isolator gegen Temperaturunterschiede, Feuchtigkeit und Schall ist, billiger zu stehen, als die einer vollen Mauer, welche diese Vorzüge entbehrt. In Bezug

auf die Constructionsform der Mauern mit Luftisolirschicht lassen sich einige wichtige Gesichtspunkte zur Geltung bringen.

Die Ansichten über die Stärke, in welcher die äussere und innere Mauer bei Hohlmauern aufgeführt werden soll, sind zwar sehr verschieden, die Meisten aber stimmen darin überein, dass die Aussenmauer entsprechend ihrem Hauptzweck, das Durchschlagen der Feuchtigkeit zu verhüten und die dauernde Trockenheit der Innenwand sicher zu stellen, mindestens 1 Stein stark sein soll, da eine starke Mauer jedenfalls weniger Feuchtigkeit bis zur isolirenden Luftschicht dringen lässt, als eine schwache, abgesehen davon, dass schon die Standsicherheit eine solche Stärke verlangt.

Wenn die Aussenmauer das Durchschlagen von äusserer Feuchtigkeit, wie z. B. an der Seeküste, verhüten soll, wird man zur Herstellung derselben möglichst impermeables Material, z. B. wenig poröse Ziegel mit angesinderter Oberfläche, was beides durch scharfen Brand erreicht wird, oder auch undurchlässige Blendziegel verwenden. Ebenso muss in diesem Falle die Mauer mit wasserdichtem, hydraulichem oder Kalkcement-Mörtel aufgemauert und geputzt oder mit Cement gefugt werden.

Wenn die Kosten nicht in Betracht kommen, kann man zur Erreichung besagten Zweckes die Aussenmauer mit einer wasserundurchlässigen Oberfläche versehen, wozu sich nach NUSSBAUM[1]) glasirte, wie bis zur Sintirung gebrannte Ziegel, Mettlacher Fliesen, Steingutplatten, Vitrit, Xylolith, Kunststeine, polirter Marmor u. s. w. eignen, ferner ein gut geglätteter Putz, welcher durch haltbaren Anstrich wasserundurchlässig gemacht wird, nachdem die Mauer völlig lufttrocken geworden ist. Die Aussenmauer selbst wird in diesem Falle aus sehr porösen (stark lufthaltigen), die Wärme schlecht leitenden Steinen (porösen Ziegeln, Schwemmsteinen, Hohlziegeln u. dgl.) hergestellt, so dass auch hierdurch die Wärmeökonomie der Innenräume gefördert, namentlich aber der Niederschlag von tropfbar flüssigem Wasser auf der Innenfläche der Aussenmauer verhütet wird.

Die schon besprochenen grossen Vortheile der Porosität von Mauern sollte man nur im Nothfalle preisgeben und daher impermeable Mauern beim Wohnhausbau nur nothgedrungen anwenden. Man wird daher auch bei unseren klimatischen Verhältnissen die Aussenmauer der Hohlmauern in der Regel mit gewöhnlichen Backsteinen herstellen und nur die Fugen mit Cement verstreichen.

---

1) Gesundheits-Ingenieur. 1892. S. 534.

Dr. H. Schmidt [1]) hat bei seinem in Cuxhaven an der See gelegenen Haus Hohlmauern mit porösen Aussenmauern angewendet und vollkommen trockene Wohnräume erzielt. Nur die Fugen wurden mit Cement bestrichen. Der Hohlraum wurde anfangs durch Oeffnungen am Grunde und am oberen Ende desselben mit der Aussenluft in Verbindung gelassen, wobei er beobachtete, dass die Luft mit grosser Geschwindigkeit in den Hohlraum eindrang; vor dem Beziehen des Hauses wurde der Hohlraum geschlossen. Schmidt schildert die austrocknende Function der Hohlmauer sehr einleuchtend:

„Wenn die Aussenmauer durch die Sonnenstrahlen, oder Theile der Innenmauer in Folge der Zimmerheizung erwärmt werden, so wird die Wärme der Wand in die Luftschicht ausstrahlen, die gewärmte Luft steigt in die Höhe, nimmt dabei möglichst viel Feuchtigkeit mit, wird alsbald durch die nachdrängende gewärmte Luft an nicht erwärmte Theile der Aussenmauer gedrängt, kühlt hier ab und setzt in Folge der Abkühlung den mitgeführten Wasserdampf an die kalte Wand ab. Abgekühlt und trocken sinkt sie in die unteren Partien des Hohlraumes und wird bald wieder an die erwärmten Mauertheile gelangen, um den beschriebenen Kreislauf (Aufsteigen längs der erwärmten Innenmauer und Niedersinken längs der kalten Aussenmauer) aufs Neue zu beginnen. Es leuchtet ein, dass auf diese Weise, da in den einzelnen Wandtheilen des bewohnten Hauses fast stets Temperaturunterschiede vorhanden sind, die Hohlwandluft beständig in Bewegung bleiben und stets auf der Suche nach Feuchtigkeit sein wird. Dabei wird sie in den wärmeren Theilen des Hauses vorhandene Feuchtigkeit am leichtesten aufnehmen, während die an die kältesten Theile der Aussenmauer abgesetzte Feuchtigkeit sich in der porösen Mauer vertheilt und bei der nächsten Gelegenheit von den am Hause vorbeistreichenden Winden fortgeführt werden wird. Deshalb sollte (wenn nicht ganz aussergewöhnliche Wetterverhältnisse u. s. w. in Betracht kommen) bei Häusern mit richtig construirter Hohlmauer die Aussenwand nicht durch Cementputz u. dgl. oder gar durch wiederholten Oelanstrich wasserdicht gemacht werden, weil dadurch die Feuchtigkeit in der Mauer zurückgehalten werden würde. (Für aus Backsteinen erbaute Häuser empfiehlt sich: Abwaschen der Mauer mit Wasser und um dem Hause ein hübsches Aussehen zu geben: Bestreichen mit einer Auflösung von Königsroth in Wasser und Verstreichen der Fugen mit Cement oder Kalk.)

Die Innenmauer soll, falls keine constructiven Bedenken da-

---

1) Centralblatt f. allgem. Gesundheitspflege. 1892. S. 209.

gegen vorliegen, nicht mehr als 1/2 Stein stark und aus sehr porösem, leicht trocknendem, die Wärme schlecht leitendem Material hergestellt werden. Je dünner die Mauer ist, um so rascher trocknet sie aus, um so geringere Wärmemengen sind zum Beheizen nöthig und um so rascher wird die isolirende Luftschicht durchwärmt und damit die Warmhaltung der Wohnräume begünstigt. Da die Festigkeit der Hohlmauern wesentlich vom Mörtel abhängt, so können die Wandstärken, ohne die Sicherheit zu gefährden, erheblich vermindert werden. Es sind mehrstöckige, deckentragende Innenwände 1/2 Stein stark ausgeführt. Umfassungsmauern von 1 1/2 bis 2 Geschossen sind auf 30 Cm. mit Hohlraum hergestellt und haben sich seit Jahren bewährt.

Auch bezüglich der Breite des Hohlraumes, sowie hinsichtlich der Frage, ob derselbe durch die ganze Fronthöhe ohne Unterbrechung durchzuführen sei und ob Oeffnungen für die Durchlüftung desselben anzubringen seien oder nicht, wurden sehr differente Ansichten geltend gemacht, ein Beweis, wie nothwendig es ist, durch experimentelle Untersuchungen und messende Beobachtungen an verschieden construirten Hohlmauern die Function und Leistung derselben klar und sicher zu stellen.

In England darf der Hohlraum nach baupolizeilichen Bestimmungen nicht über 3 Zoll = 7,5 Cm. breit sein.

Von den meisten Bautechnikern [1]) wird die gewöhnliche Breite des Hohlraumes von 6—7 Cm. als zu gering bezeichnet und eine Breite von etwa 14 Cm. verlangt, weil, da der äussere Wandtheil Feuchtigkeit durchlässt, die geringe Luftmenge im Hohlraum bald mit Feuchtigkeit gesättigt wird, welche sich der inneren Wand mittheilt und weil in so schmalen Hohlräumen der grossen Reibungswiderstände halber die Luft nur schwierig in Bewegung zu bringen, eine energische Lüftung also sehr erschwert ist.

Dem gegenüber äusserten Andere [2]) die Ansicht, dass auf die Breite der Hohlschichte nicht sehr viel ankomme, da nicht diese, sondern die Zahl der hinter einander liegenden, ruhenden Luftschichten die Ausgiebigkeit des Wärmeschutzes bedinge.

Dieser letzteren Meinung gegenüber ist zu bemerken, dass von einer wirklich ruhenden und vollkommen abgeschlossenen Luftschichte bei Hohlmauern nicht die Rede sein kann. Der Wärmeschutz, den dieselben bieten, ist deshalb, wie man aus den experimentellen Untersuchungen über die Wärmetransmission unvollkommen abgeschlossener Luftschichten schliessen darf, geringer als man gewöhnlich annimmt.

---

1) Erwin Marx im Handbuch der Architektur III. Thl. 2. Bd. S. 41.

2) Gesundheits-Ingenieur 1892.

Demnach dürfte in diesem Falle die goldene Mittelstrasse, welche zu der durch die Erfahrung bewährten Breite von 10 Cm. führt, als das Richtige zu bezeichnen sein, zumal hierbei auch den ökonomischen Ansprüchen in Bezug auf Raumausnutzung Rechnung getragen wird.

Die periodische Lüftung der Hohlräume ist nur unter besonderen Umständen erforderlich. In Riga lässt man den Hohlraum durch Oeffnungen am Fussboden, welche je 1 Meter von einander entfernt sind und durch ebensolche an der Zimmerdecke mit den Wohnräumen in Verbindung, bis die Innenmauer vollkommen trocken geworden ist. Alsdann werden sie dauernd verschlossen, d. h. zugemauert und man hat mit diesem Brauch die besten Erfahrungen gemacht. Derselbe ist überall zu empfehlen, wo es gelingt, den Hohlraum gegen das Eindringen der äusseren Feuchtigkeit durch die Aussenmauer zu schützen.

An den Seeküsten aber und in allen Fällen, in welchen letzteres nicht möglich ist, empfiehlt es sich, verschliessbare Oeffnungen für periodische Lüftung sowohl nach Aussen als nach den Innenräumen zu anzubringen. Wenn dann die äussere oder innere Mauer einmal feucht wird, ist wenigstens die Möglichkeit vorhanden, dieselben durch Lüftung und Heizung des Hohlraumes zu trocknen. Setzt man den Hohlraum am Fussboden und an der Decke mit den Wohnräumen in Communication, dann lässt sich eine energische Lüftung desselben ohne künstliche Mittel allein durch die Heizung erzielen, wie aus den Beobachtungen von Dr. H. Schmidt hervorgeht, welcher angiebt, dass man sich unter diesen Bedingungen von der Geschwindigkeit der in den Hohlraum hineinströmenden Luft durch Vorhalten der Hand vor eines der Löcher am Grund der Mauer leicht überzeugen könne.

Mit der Hand fühlbare Luftströmungen haben aber mindestens eine Geschwindigkeit von [illegible] Meter pro Secunde, so dass durch die in Entfernung von 1 Meter angebrachten Oeffnungen immerhin erhebliche Luftmengen den Hohlraum passiren.

Im Sommer kann man die vom Hohlraum nach Aussen gehenden Oeffnungen zur Lüftung benutzen, wobei aber wirksame Luftströmungen nur dann erzielt werden, wenn die zu lüftenden Luftschichten mit in den Scheidemauern angebrachten, neben Schornsteinen bis über das Dach aufsteigenden Canälen verbunden sind.[1]

Stagnirende feuchte Luft in den Hohlräumen kann schlimme Zustände herbeiführen, da sie die Entwickelung von Schimmelpilzen, des Hausschwammes und anderer Holzpilze begünstigt, welche die Befähigung haben, über die ernährende Substanz, d. h. das Holz, hinauszuwachsen, wenn nur die umgebende Luft constant feucht genug ist, so dass die herauswachsenden Pilzfäden nicht sofort vertrocknen. Aber auch die Schimmelpilze, welche auf feuchten Mauerflächen zur Entwickelung kom-

1) Vgl. übrigens die obigen gegentheiligen Angaben von Dr. H. Schmidt.

men, verleihen der Luft einen unangenehmen, moderigen oder muffigen Geruch, welcher sich vom Hohlraum aus auch den Wohnräumen mittheilen kann.

R. MANEGA[1]) macht noch auf einen anderen, bisher wenig beachteten Vortheil der Hohlmauern aufmerksam, nämlich den, dass man die Hohlräume mit der Luft des Kellers in Communication bringen und so in den oberen Wohnräumen ohne weiteres Dazuthun eine wesentliche Abkühlung im Sommer erzielen kann, während im Winter die bei gut construirten Kellern ziemlich gleichmässige Temperatur von 13 bis 14° keine unökonomischen Wirkungen hat. Selbstverständlich muss hierbei jede directe Communication zwischen Keller- und Wohnungsluft vermieden werden.

Nach den noch viel zu wenig beachteten Untersuchungen FLÜGGE's[2]) übertraf die Temperatur der Innenschichte einer von der Sonne bestrahlten Hauswand das Tagesmittel um 7—8° C. (vgl. S. 108). Die unausstehlichen Zustände, welche in Folge davon in vielen Wohnräumen während des Sommers namentlich zur Nachtzeit geschaffen werden, können durch die Abkühlung der Innenwände, welche die im Hohlraume aufsteigende Kellerluft bewirkt, beseitigt werden und es wäre gewiss an der Zeit, diese höchst einfache hygienische Maassregel beim Wohnungsbaue endlich zu verwerthen.

Diesbezügliche Versuche französischer Architekten haben sehr befriedigende Resultate gehabt und bei englischen Arbeiterhäusern ist diese Anordnung neuerdings fast überall durchgeführt. MANEGA wundert sich mit Recht darüber, dass man diesen Gegenstand in Deutschland bisher gar nicht oder wenig beachtet hat, obgleich gerade die klimatischen Verhältnisse Deutschlands einen diesfälligen Versuch rechtfertigen dürften.

Architekt PICQ[3]) hat dieses Mittel bei der Bibliothek Schoelcher in Martinique mit bestem Erfolg zur Anwendung gebracht, um das Innere der Lesezimmer gegen die oft sehr hohe Aussentemperatur zu schützen, was auf einfache und billige Weise erzielt werden musste. Das in Paris fertiggestellte und nach Martinique transportirte Gebäude besteht aus einem Eisengerüste mit Füllungen aus farbigen Cementbetonplatten für die äusseren und Staffüllungen für die inneren

1) Die Anlage von Arbeiterwohnungen vom wirthschaftlichen, sanitären und technischen Standpunkte mit einer Sammlung von Plänen der besten Arbeiterhäuser Englands, Frankreichs und Deutschlands. 2. Aufl. Weimar, B. H. Voigt. 1883.

2) l. c. S. 3 u. s. w.

3) Bibliothèque Schoelcher à Port de France (Martinique). Nouvelles Annales de la construction. T. VII. 1890. p. 6.

Mauern; zwischen diesen Mauern, welche beide gleich schlechte Wärmeleiter darstellen, befindet sich ein Hohlraum, welcher in Communication mit den im Souterrain befindlichen Kühlkammern ist, die mit cementirten Wänden, Gewölben und stark geneigtem Fussboden versehen, Morgens und Abends mit Wasser berieselt und gekühlt werden.

Das Abflusswasser wird in mehreren betonirten Behältern gesammelt. Die Luft tritt durch 4 vergitterte Fenster in die Kühlkammern und kühlt sich an Wänden, Gewölben und Fussboden beträchtlich ab. Die Sonnenwärme, welcher die Aussenmauern ausgesetzt sind, erzeugt einen ziemlich rasch aufsteigenden Luftstrom und verwandelt den Hohlraum in einen Luftzugschacht, dessen Wirkungen die Erwartungen noch übertroffen haben.

Bei der Construction der Hohlmauern ist noch ein sehr wesentlicher Punkt zu beachten: Die Hohlräume zwischen den Mauern müssen über jede Etage einen horizontalen Abschluss durch mehrere Ziegelschichten erhalten, weil in durchgehenden Hohlräumen von beträchtlicher Höhe Luftströmungen entstehen, welche die bezweckte schlechtere Wärmeleitung beeinträchtigen und höchst unangenehme Schallübertragungen von Etage zu Etage zu Stande bringen. Besondere Sorgfalt ist auch auf die Construction der Laibungen der Oeffnungen zu verwenden, da an diesen Stellen zumeist volle Mauerkörper ohne Hohlräume gebildet werden müssen.[1]) Dieselben werden am besten aus scharf gebrannten Hohlsteinen mit hydraulischem Mörtel, Asphalt oder Cementmörtel hergestellt.

Es ist kaum glaubhaft, soll aber doch vorgekommen sein, dass Hohlräume durch mehrere Geschosse durchlaufend angelegt und Ventilationseinrichtungen in der Weise damit verbunden wurden, dass man Oeffnungen anbrachte, welche die freie Luft in den Hohlraum und von da in die Wohnung führten. Bei solchen Anlagen führt die begünstigte Schallleitung, durch welche der Lärm der Strasse und jedes Geräusch in den Wohnungen in höchst unangenehmer Weise von einem Geschoss zum andern übertragen wird, sowie die Ueberführung verbrauchter Luft von Etage zu Etage, unerträgliche Zustände herbei und ausserdem geht der ganze Vortheil der Hohlmauer für die Wärmeökonomie der Wohnräume verloren, weil statt der ruhenden Luftschicht ein lebhafter, zum Theil aus geheizten Wohnungen stammender, wasserreicher Luftstrom im Hohlraum erzeugt wird, welcher auch zur Condenswasserbildung an den kalten Aussenmauern Veranlassung gibt.

Selbstverständlich wird man, um die Vortheile der Hohlmauer ganz auszunützen, ein die Seiten des Hauses überragendes, schützendes Dach herstellen.

1) Vgl. E. MARX, Handb. d. Architekt. 3. Th. 2. Bd. S. 41.

Das von H. Schmidt erbaute Haus wurde schon 6 Monate nach Beginn des Baues resp. der Arbeiten bezogen. Die innere Aussenmauer war rascher getrocknet, als die Wände zwischen den Zimmern, welche beim Beziehen des Hauses noch verschiedene quadratmetergrosse, feuchte Stellen zeigten, die erst etwa 6 Wochen später verschwanden. Die innere Seite der Aussenmauer war und blieb in allen Räumen ganz trocken. Besondere Maassregeln zum Austrocknen (Heizen) waren nicht getroffen worden. Die Luft in den nicht gelüfteten Räumen ist, abgesehen von den geheizten Zimmern, trockener als in den bewohnten. In einem über der Hausflur gelegenen Zimmer, welches vom Januar bis Juli 1890 nicht benutzt und in dieser Zeit nur selten geöffnet wurde, blieb einiges Schuhwerk stehen, welches auffallender Weise frei von Schimmel blieb, während das in den benutzten und daher der feuchten Seeluft zugänglichen Räumen befindliche unbenutzte Schuhwerk stets bald mit Schimmel überzogen ist. Man muss annehmen, dass die Hohlwandluft die Zimmerwände derartig austrocknet, dass letztere ihrerseits Feuchtigkeit aus der Zimmerluft an sich ziehen.

Selbst in den manchmal wochenlang nicht geöffneten Zimmern wurde die Luft zu keiner Zeit dumpfig befunden, die Tapeten sind stets frei von Schimmelbildung (welch letztere eine in Cuxhaven sehr häufige Erscheinung ist) und völlig trocken, selbst an den Fensternischen, obwohl hier Innen- und Aussenmauer durch Mauerwerk ohne Isolirung in Verbindung stehen und die Tapeten direct auf diese Verbindungsmauer geklebt sind. Die Zimmer sind sehr leicht zu heizen. Ein im ersten Stock gelegenes grosses Schlafzimmer (8½ Meter lang, 5 Meter breit, 3½ Meter hoch) lässt sich nach vorausgegangener Lüftung bei einer Aussentemperatur von 5° Kälte durch ein mässiges Ofenfeuer in 2—3 Stunden auf 12—14° erwärmen, jedenfalls nur deshalb, weil alle Wände völlig trocken sind. Andernfalls würde die beim Verdunsten der Feuchtigkeit entstehende Verdunstungskälte, sowie die gute Wärmeleitung der Mauern ein so rasches Ansteigen der Zimmertemperatur verhindern.

Bei Häusern mit Hohlmauern fällt auch eine andere, bisher noch nicht erwähnte, aber sehr häufige Ursache des Feuchtwerdens der die Wohnräume begrenzenden Mauern weg. Diese Ursache liegt bei massiven Mauern darin, dass die innere Wandfläche im Winter meistens kälter als die Zimmerluft ist und unter der Thaupunktstemperatur dieser Luft liegt, so dass sich aus der Zimmerluft Wasser an der Wand condensirt. Wenn auch bei Hohlmauern die Temperatur der inneren Wandfläche meistens niedriger sein wird, als die Lufttemperatur der geheizten Räume, so sinkt sie doch nicht so leicht unter die Thaupunktstemperatur herab.

Das aus pecuniärem Interesse erwachsende Bestreben, rasch zu bauen und das Gebäude möglichst bald der Benutzung zu übergeben, tritt immer mehr hervor und die Anwendung von Hohlmauern zu diesem Zweck findet daher mehr und mehr Verbreitung.

Namentlich in Städten, welche in raschem Wachsthum begriffen, oder aus irgend welchen Gründen zu plötzlich gesteigerter Bauthätig-

keit gezwungen werden, sucht man nach neuen Mitteln, um Neubauten rasch trocken und bewohnbar zu machen.

Vor 1858 gehörten z. B. in Riga Neubauten zu den Seltenheiten. Als dann aber die Stadt durch die Abtragung der Wälle von diesem einengenden Gürtel befreit wurde, steigerte sich plötzlich die Baulust und in Folge davon auch die Concurrenz. Es kam darauf an, Häuser möglichst schnell aufzuführen und zugleich rasch bewohnbar zu machen — da griff man denn u. A. zur Anwendung der Hohlwände, welche bis dahin nur in einfachen Oekonomiegebäuden Verwendung gefunden hatten. Der Erfolg war derart allgemein befriedigend, dass die neue Bauart zur allgemein üblichen geworden ist.

SCHMÖLKE[1]) gibt an, dass er zahlreiche Gebäude mit Hohlmauern mit bestem Erfolg aufgeführt habe. Nur einmal beobachtete er, dass eine gegen Südwest gerichtete Giebelmauer, obgleich sie in der üblichen Weise mit einem 7 Cm. weiten Hohlraum aufgeführt war, vom Schlagregen, welcher mit grosser Gewalt gegen die weder von Gebäuden noch von Bäumen geschützte Mauerfläche getrieben wurde, total durchnässt wurde. Aehnlichen Unzuträglichkeiten wurde mit bestem Erfolg dadurch vorgebeugt, dass die Isolirräume nicht 7, sondern 14 Cm. breit angelegt und die Verbindungen der beiden Mauerhälften nicht durch einzelne Binder, sondern durch ½ Stein breite Mauerpfeiler bewirkt wurde.

Diese in Fig. 30a dargestellte Construction ist bei 1 Stein starken Mauern die zweckmässigste. Das Mauerwerk, welches aus zwei je ½ Stein starken Mauern besteht, hat eine Gesammtdicke von 38 Cm. Fig. 30 zeigt den Grundriss der Mauer und erläutert zugleich die Herstellungsweise der Thür- und Fensteröffnungen. In Fig. 30b ist ebenfalls im Grundriss die Anordnung des Balkenlagers und die Construction eines Fensterbogens dargestellt. Bei allen Constructionsformen von Hohlmauern muss man besonders darauf bedacht sein, dass die hergestellte isolirende Luftschicht auch wirklich an keiner Stelle, ausser an den mit Klappen oder Schiebern versehenen Zugöffnungen, mit der äussern Atmosphäre in Berührung kommt, weshalb sie am Ende der Mauer und an jeder die letztere durchbrechenden Fenster- und Thüröffnung mit Backsteinen geschlossen sein muss.

Ausserdem müssen die Köpfe der einzelnen durchgehenden Binder in heissen Steinkohlentheer getaucht oder, was besser ist, in Asphalt vermauert werden, damit nicht die abzuhaltende, durch

1) Ueber eine neue Construction hohler Mauern. Deutsche Bauzeitung. 1883. S. 37.

Schlagregen u. s. w. bewirkte Feuchtigkeit auf die innere Mauer übertragen wird.

In England werden jetzt Bindersteine für Isolirschichten nach Fig. 17 d u. e fabricirt. Dieselben sollen einerseits durch ihre Durch-

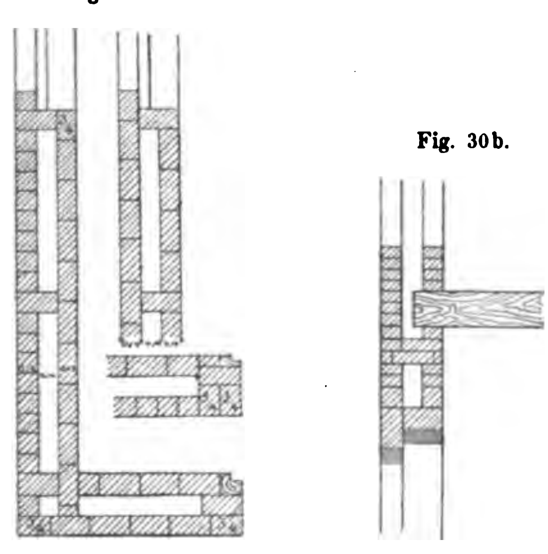
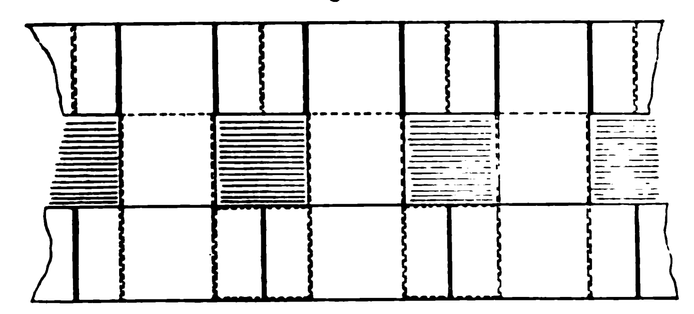


Fig. 30 a. Fig. 30 b.

lochung eine Uebertragung der Feuchtigkeit verhüten, andrerseits durch ihre Form der Mauer eine grössere Festigkeit verleihen.

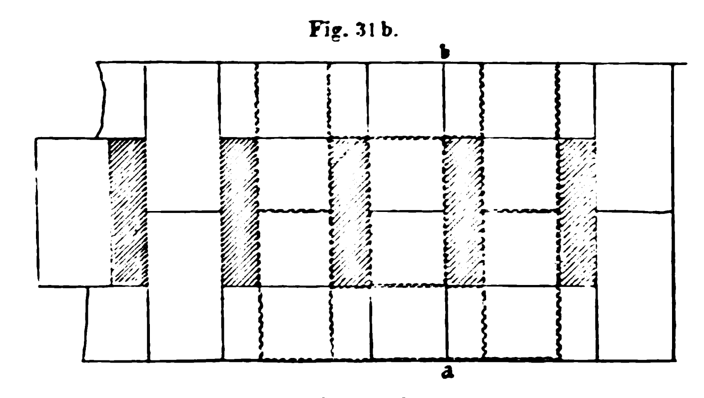
Fig. 31 a.

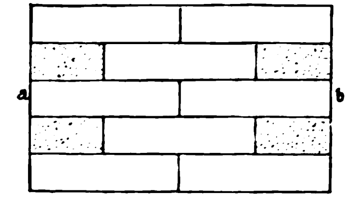


Die beschriebene Construction von 38 Cm. dicken Hohlmauern kann ohne Bedenken zu Umfassungen und zu Mittelmauern zweigeschossiger Gebäude von mittleren Geschosshöhen und Zimmertiefe Anwendung finden; dieselben haben nach Vollendung des Baues

mindestens dieselbe Stabilität, welche massive Mauern von 1 ½ Steinstärke in den ersten Jahren ihres Bestehens besitzen, weil nach

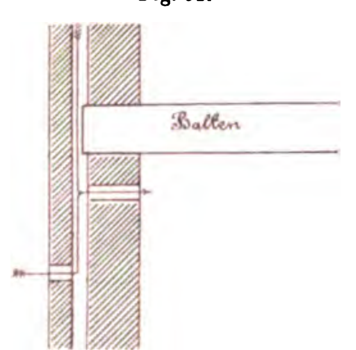
Fig. 31 b.





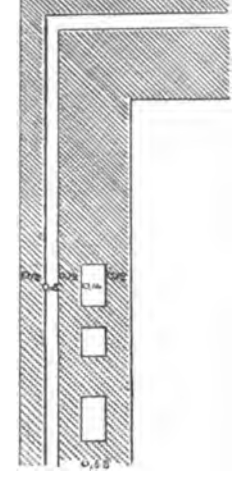
Beobachtungen von SCHMÖLCKE bei letzteren der Mörtel im Innern der Mauern noch Jahre lang weich bleibt, bei ersteren aber sehr rasch, meistens schon während der Bauzeit erhärtet. Bei Gebäuden von grösserer Geschosshöhe und Zimmertiefe, sowie in den unteren Geschossen mehrstöckiger Gebäude kann man den einen Mauertheil 1 oder nach Bedürfniss 1 ½ Stein stark anlegen. Am natürlichsten ergibt sich der Hohlverband, zugleich in Verbindung mit dem Kopfverband bei 1 ½ Stein starken Mauern. Gewöhnlich wird er hier nach Fig. 31 a oder bei 2 Stein starken Mauern nach Fig. 31 b angelegt, wobei indess zwar aufsteigende, isolirte Hohlräume, wie Schornsteinröhren entstehen, aber kein durchgehender Hohlraum. Diese einzelnen Hohlräume können jedoch behufs Herstellung einer Luftcirculation mit einander verbunden werden. Man kann aber auch, wie in Fig. 32, einen durchgehenden Hohlraum, der nur von einzelnen Durchbindern durchgriffen wird, herstellen. Liegt in diesem Fall bei einer 1 ½ Stein starken Mauer die Isolirschicht nach aussen, so ist damit der Vortheil verbunden, dass die Luftschicht von unten bis

Fig. 32.



oben durchgehen kann und vor den Balkenköpfen herstreicht, so dass diese sicher trocken bleiben. Ferner liegen die Balken auf dem stärkeren Theil der Mauer und die ganze Last wird auf einen hinreichend starken Mauerkörper übertragen. Bei 2 Stein starken Mauern kann man die Isolirschicht in die Mitte legen. Nur wenn die Umfassungsmauer Ventilations- und Rauchrohre enthalten soll, empfiehlt es sich, die ½ Stein starke Mauer nach Fig. 33 nach aussen zu legen, weil hierdurch die Nachtheile nach aussen liegender Rauch- oder Ventilationsrohre (zu starke Abkühlung, Durchschlagen des Russes u. s. w.) vermieden werden.

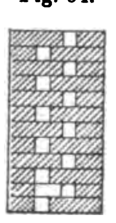
Fig. 33.



Bei allen Luftschichten ist dafür zu sorgen, dass kein Mörtel hinabfällt, so dass der untere Theil des Hohlraumes sich nicht mit Mörtel anfüllen kann, wodurch der Zweck der Isolirschicht ganz illusorisch werden würde.

Um diesen Uebelstand des theilweisen Vollfüllens des Luftisolirraumes mit Mörtel beim Mauern zu umgehen, hat Architekt Bettstädt für Mauern mit Luftisolirschichten einen Verband construirt, bei welchem die Luftschichte nicht senkrecht aufwärts geführt wird, sondern von Schichte zu Schichte in ihrer Lage wechselt. Fig. 34 zeigt eine solche Mauer im Querschnitt. Die Luftschichte liegt einmal hinter den Läufern, das andere Mal hinter den Bindern und zwar bei 1½ Stein starken, oder noch stärkeren Mauern immer zunächst an der Aussenseite. Die Verbindung der einzelnen getrennten Luftschichten unter sich wird einfach dadurch hergestellt, dass man ab und zu bei der Binderschichte statt eines ganzen Steines nur einen halben einlegt. Diese Construction hat jedoch den Mangel, dass die Binder bei derselben nur wenige Centimeter und nicht, wie es sein sollte, ½ Stein übereinander greifen.

Fig. 34.

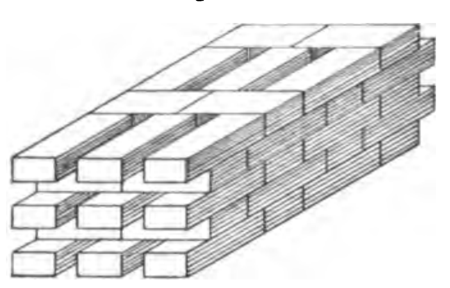


Unter besonderen Umständen, wenn eine sichere Garantie für die Trockenheit der inneren Mauerflächen verlangt wird, wenn Zimmer mit Wandmalereien versehen werden sollen u. s. w., empfiehlt es sich, die Mauern mit zwei Luft-Isolirschichten zu versehen, statt mit einer einzigen. In diesem Falle muss die 2 Stein starke Mauer nach Fig. 35a auf 60 Cm. angelegt werden, wodurch zwei Hohlräume, ein äusserer und ein innerer, von je 7 Cm. Weite, entstehen.

Durch die Fig. 35a werden die Einzelheiten dieser Construction erläutert.

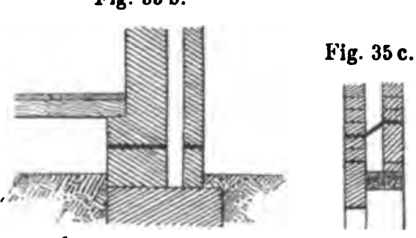
Wenn der Hohlraum sehr eng ist, dann ist es unausbleiblich, dass Mörtel und Steinbrocken, welche beim Behauen der Steine in den Hohlraum fallen, an den Wänden hängen bleiben und aufgesaugte Feuchtigkeit dem inneren Mauertheil mittheilen. Ist der Hohlraum mindestens 10 Cm. breit, dann fallen diese Mörtel- und Steinbrocken auf den Grund der Hohlschicht, von wo sie durch die Löcher, die in 1 Meter Entfernung von einander in der Innenmauer gelassen sind, entfernt werden können. Die Maurer müssen selbstverständlich auf den „Bindern" liegenbleibenden Mörtel vor dem Höhermauern entfernen und die Hohlräume durch über die Binder gelegte Brettstreifen decken.

Fig. 35 a.



Wenn Hohlmauern mit Isolirschichten gegen aufsteigende Grundfeuchtigkeit geschützt werden, darf der Hohlraum nicht auf dieser Isolirschicht anfangen, weil sonst der auf derselben sich etwa ansammelnde Mörtel zum Feuchtigkeitsleiter werden kann; der Hohlraum muss vielmehr schon ein Stück unter der auf die beiden Mauerhälften zu beschränkenden Isolirschicht beginnen, wo Mörtelansammlungen u. s. w. unschädlich sind (Fig. 35b). Um die Ablagerung von Mörtel in den Hohlräumen zu verringern, verwendet man zweckmässig statt der Binder eiserne, verzinkte Klammern.

Fig. 35 b. Fig. 35 c.



In England sind hierzu galvanisirte Eisenspangen in Gebrauch (vgl. S. 56, Fig. 17c) und es wird verlangt, dass diese Verbindungen nicht über 90 Cm. vertical und 45 Cm. horizontal von einander entfernt sind.

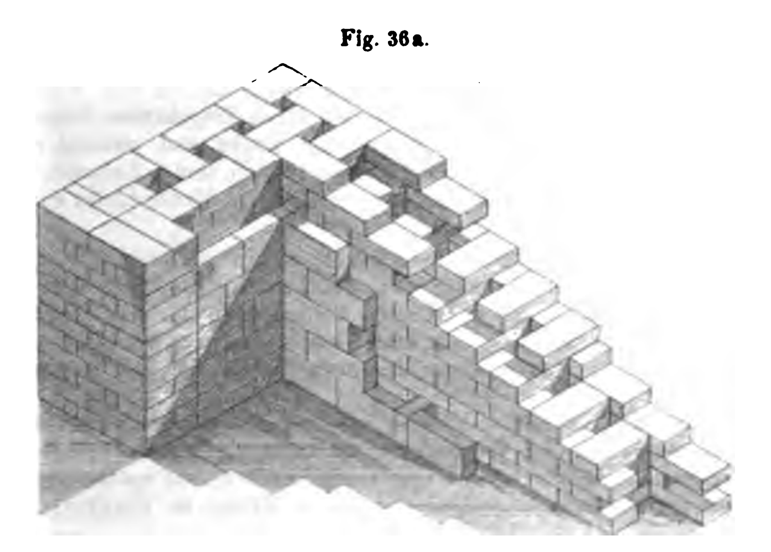
Ueberdeckungen von Oeffnungen, welche aus Holz hergestellt sind, müssen gegen herabfliessende Feuchtigkeit und herabfallenden Mörtel u. s. w. durch mit Gefälle nach Aussen verlegtes, verzinktes Eisenblech geschützt werden (Fig. 35c).[1]

1) Handb. d. Architektur. 3. Th. 2. Bd. S. 43.

Eine eigenartige Construction für Umfassungsmauern mit doppelter Luftschicht hat neuerdings Prof. L. Venturi[1]) vorgeschlagen und die Anwendung derselben speciell für Kerkerzellen empfohlen.

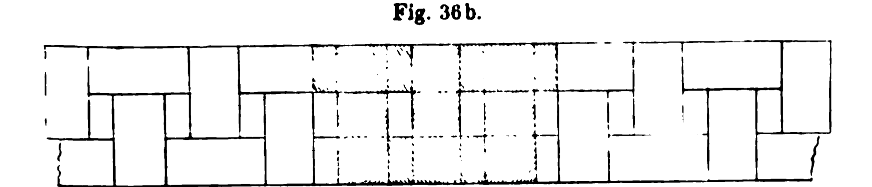
Diese Mauer besteht (Fig. 36 a u. 36 b) aus 2 Theilen, einer äusseren und einer inneren Mauer. Die Aussenmauer hat die Dicke von

Fig. 36 a.



3 Ziegelsteinbreiten. Die Construction derselben ist derart, dass ein Binder immer auf die Mitte der Länge eines Streckers verlegt wird, so dass beide zusammen die Figur eines lateinischen T bilden. Durch eine

Fig. 36 b.



Reihenfolge solcher T, deren eines immer umgekehrt verlegt ist, wie das benachbarte T⊥, entsteht eine horizontale Schichte. In der nächst höheren Schichte decken sich die Füsse der T ganz genau, während der Kopf eines jeden T der oberen Schichte mit den Füssen der T der nächst unteren Schichte symmetrisch zusammenfällt. Mit anderen Worten

1) Prof. L. Venturi: Di un nuovo metodo di costruzione delle celle carcerarie, relativamente alla ventilazione igienica delle medesime. Giornale della reale società italiana d'igiene. Milano 1888. p. 561 etc.

in jeder höheren Schichte liegen die T umgekehrt wie die T der nächst unteren Schichte, aber doch so, dass die Füsse der T übereinander liegen (Fig. 36a u. 36b). Man erhält so keine eigentliche Hohlmauer mit doppelten Wänden, sondern eine einzige Mauer mit einem System senkrechter und paralleler Canäle. Die Construction ist einfach und practisch, weil die verticalen Canäle zur Aufnahme von Rohrleitungen aller Art sehr geeignet sind. Diese verticalen Canäle, welche mit der äusseren Luft communiciren, werden stets von einem aufsteigenden Luftstrom durchzogen und die Luft kann leicht in den Raum zwischen der inneren dünnen und der äusseren dicken Mauer und in den Wohnraum selbst eindringen. Die innere Mauer ist durch Ziegelsteine hergestellt, welche mit ihren Schmalseiten aufeinander liegen und mittelst einiger Binder mit der dicken äusseren Mauer verbunden sind. Zwischen dieser Innenwand (innerer Verkleidung) und der äusseren Mauer bleibt ein Luftraum von einigen Centimetern.

Anstatt mit vollen Backsteinen könnte man diese innerste Mauer mit Hohlziegel nach Fig. 38d aufführen. Man würde dadurch eine dritte Luftisolirschichte und die günstigsten Bedingungen für die Wärmeökonomie des Hauses erhalten. In dem Zwischenraum zwischen der innersten und mittleren Mauer lassen sich auch die Röhren von Heizanlagen unterbringen.

Häuser mit doppelten Mauern und mit Heizanlagen zwischen denselben, wobei also die Wohnräume die nöthige Wärmemenge lediglich durch Ausstrahlung der Mauern empfangen, wurden, wie später eingehend erörtert werden soll, angeblich mit gutem Erfolg in Frankreich hergestellt.

Die Venturi'sche Mauer ist 1 $^1/_2$ Stein stark. Bei Häusern mit nur 2 Stockwerken können beide Stockwerksmauern diese Dimensionen haben. Bei 3stöckigen Häusern wird die Parterremauer 2 Stein stark, die beiden Stockwerksmauern 1 $^1/_2$ Stein stark sein müssen, nach dem Grundsatz, dass die Mauer von 2 zu 2 Stockwerk immer um $^1/_2$ Stein zu verstärken ist.

Der berüchtigte russische Winter hat die Baumeister Russlands von jeher dazu geführt, der Anwendung von Mitteln, welche dazu bestimmt sind, die Kälte von den Unterkunftsräumen von Menschen und Thieren fern zu halten, besondere Sorgfalt zu widmen. Neben der ausreichenden Bemessung der Oefen nach Grösse und Anzahl, sowie der Heizung des gesammten Gebäudes mit Fluren und Nebenräumen, sucht man dies namentlich auch durch reichliche Anwendung ruhender Luftschichten in Mauern und Dächern zu erreichen.

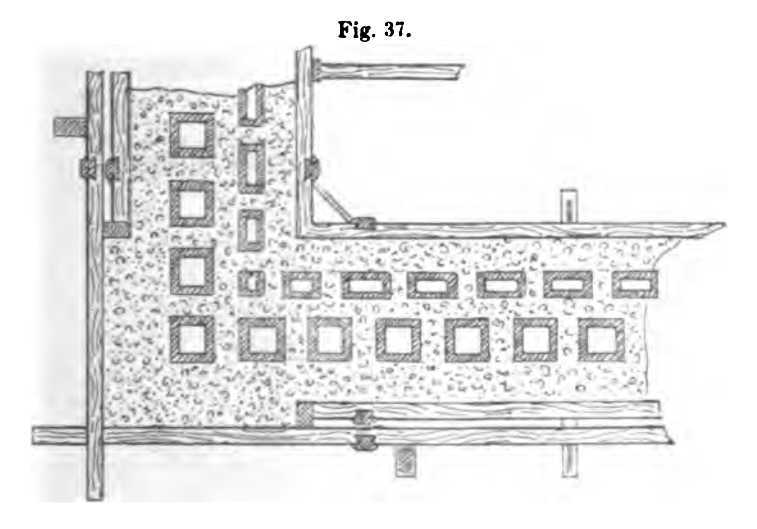
Die doppelten Umfassungsmauern erhalten in Russland eine Luftschicht von 9 Cm.

Auch bei Wohngebäuden aus Beton hat man neuerdings in Russland die Aussenmauern in ausgedehntem Maasse mit Luftisolirschichten versehen und die letzteren nach einer in China üblichen

Methode angeordnet. Fig. 37 zeigt ein in dieser Weise hergestelltes Bahnwärterhaus der Moskau-Jaroslâwler Eisenbahn.[1])

Die Grundmauern wurden dadurch hergestellt, dass man Beton in die Fundamentgräben schüttete und einstampfte, bis die letzteren ausgefüllt waren. Alsdann wurde die ganze Umfassung des Gebäudes mit Bohlentafeln umstellt, deren Innenfläche mit flüssiger Seife bestrichen und wie bei Herstellung der Grundmauern verfahren. In der 75 Cm. starken Wand liess man alsdann in einem Abstand von 20 Cm. von der Aussenfläche eine Reihe senkrechter Schächte oder Röhren (Fig. 37) aus-

Fig. 37.



sparren, welche durch die ganze Mauer reichten und einen quadratischen Querschnitt von 20 Cm. Seite erhielten. Die Röhren wurden durch 20 Cm. starke Wangen von einander getrennt. Weiterhin wurde in einem Abstand von 10 Cm. von der ersten Reihe eine zweite Reihe von Schächten angeordnet, welche mit rechteckigem Querschnitt von 10 zu 20 Cm. Seite versehen und versetzt zu den Schächten der äusseren Reihe vertheilt wurden.

Auf diese Weise wurde nicht nur eine regelmässigere und zuverlässigere Verbindung der getrennten Mauertheile erreicht, sondern es ist auch die unmittelbare Ueberleitung der Wärme des Innenraumes in die äussere Luft ausgeschlossen. Man setzte ferner sowohl die Schächte jeder Reihe — nach Art der bei den stehenden Zügen der Stubenöfen üblichen Anordnung — durch abwechselnd oben und unten ausgesparte Oeffnungen, als auch die beiden Schachtreihen unter einander in Verbindung. Ausserdem ordnete man an geeigneter Stelle eines Schachtes der inneren Reihe eine nach dem Innenraum des Gebäudes führende Oeff-

1) Volkmann: Mittel zur Abhaltung der Kälte von Wohnungen und Ställen. Centralblatt der Bauverwaltung. Berlin 1888. Jahrg. VIII. S. 181.

nung an, während die Luft der äusseren Schachtreihe einen Abzug nach dem Rauchrohr des Ofens erhielt.

Durch diese Anordnung wurde nicht nur eine zweckmässige Entlüftung der Wohnung erreicht, sondern auch die schnelle Abkühlung derselben vermieden, da die warme Wohnungsluft beständig die Schachte der Umfassungsmauer durchstreicht.

In England hat man, anstatt Luftisolirschichten in den Mauern anzulegen, die letztere voll, aber aus Hohlziegeln ausgeführt. Nach THOMAS SULLY werden in den Läufern der Länge nach und in

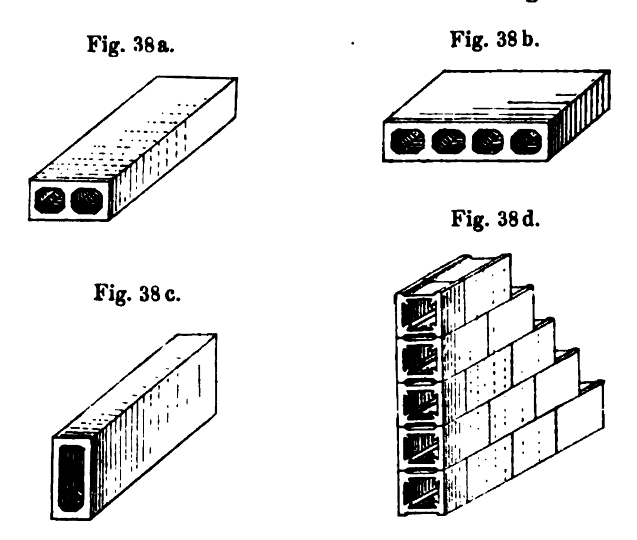


Fig. 38 a. Fig. 38 b. Fig. 38 c. Fig. 38 d.

den Bindern der Quere nach laufende Canäle angebracht, so dass auf diese Weise in den Mauern ebenfalls Isolirluftschichten hergestellt werden können.

Fig. 38 a, b, c u. d zeigen verschiedene Arten von Hohlziegeln, welche bekanntlich auch zu anderen Zwecken, z. B. zur Verblendung der Aussenflächen von Mauern Verwendung finden und den Vollziegeln gegenüber viele Vorzüge besitzen (geringere Leitungsfähigkeit des Schalles, der Wärme und Kälte, schwächere Substructionstheile, bedingt durch verminderte Belastung, schnelleres Austrocknen, geringere Herstellungs- und Transportkosten).

Die Römer machten sowohl in Italien, als auch namentlich in ihren germanischen und fränkischen Niederlassungen von Hohlsteinen vielfach Gebrauch. Besonders wurden dieselben bei den Heizanlagen der Bäder und Wohnräume verwerthet. In Eining an der Donau (Bayern) ist heute noch der damit hergestellte Baderaum nebst der

dazu gehörigen Heizanlage vollkommen intact zu sehen. Fig. 39a zeigt die bei den Römern übliche Bauweise mit Hohlsteinen.[1])

Auf der Industrie-Ausstellung 1851 in London hat ROBERTS[2]) ein Arbeiterwohnhaus für 4 Familien hergestellt, dessen sämmtliche Mauern aus Hohlziegeln nach Fig. 39b hergestellt waren. Die Räume waren mit hohlen Ziegeln überwölbt und mit eisernen Ankern gehalten. Die dem Kamin zunächst gelegenen Canäle wurden zur Zuführung reiner und erwärmter Luft benutzt, während die hohlen Ziegel der Gewölbe zur Abführung der verbrauchten Luft verwerthet wurden. Diese Häuser sollen sich durch Trockenheit, Wärme und Wohlfeilheit auszeichnen. Bei Arbeiter-

Fig. 39a.

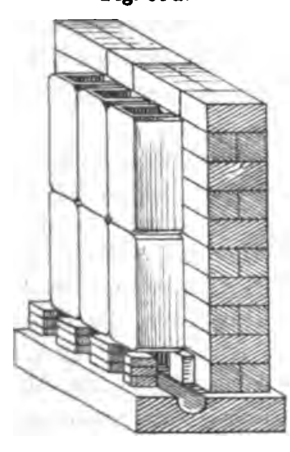
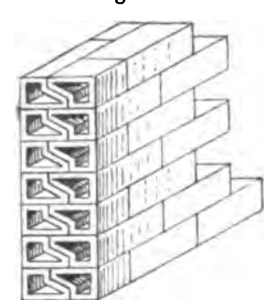


Fig. 39b.



wohnhäusern ist die Anwendung von Mauern mit Luft-Isolirschichten, der daraus resultirenden Ersparniss an Heizmaterial halber, besonders angezeigt.

Sehr gute Erfahrungen hat man in dieser Beziehung bei den Pavillon TOLLET gemacht, deren mit massiven Backsteinen aufgeführte Aussenmauern innen mit Hohlsteinen gefüttert sind. TOLLET konnte so die Dicke der Mauern auf 22, ja auf 15 Cm. verringern, und er glaubt, man könne sie sogar auf 10 Cm. reduciren, ohne der Wärmeconservirung der Innenräume zu schaden.

In Deutschland wurden die ersten Hohlbacksteine von LUDWIG SCHERRER in Darmstadt[3]) fabricirt; doch scheinen dieselben nicht die

1) Les dix livres Architecture de Vitruve corrigez et traduit nouvellement en Francois avec des Notes et des Figures par M. Perrault. Paris 1684.

2) ERBKAM's Zeitschrift für Bauwesen. 1852. S. 50.

3) W. WAGNER, Architekt: Verwendung der Hohlbacksteine im Bauwesen u. s. w. Gewerbeblatt für das Grossherzogthum Hessen. 1891. S. 101.

wünschenswerthe Verbreitung gefunden zu haben, obgleich sich diese heute noch bestehende Fabrik grosse Verdienste um die Vervollkommnung der Fabrikation erworben hat. Im Jahre 1862 wurden bei der Artilleriekaserne in Castel alle Mauern und Gewölbe aus SCHERRER-schen Hohlbacksteinen erbaut und im Jahre 1866 haben dieselben beim Aufbau des dritten Stockwerkes der Schönbornerhofkaserne in Mainz ausgedehnte Verwendung gefunden. Das gesammte Material hat sich bis heute vorzüglich gehalten (W. WAGNER). Auch in Berlin wurden 1863 beim Rathhausbau und 1865 beim Stationsgebäude in Lauban hohle Steine, bei letzterem Baue zum ersten Mal der Kopfverband angewendet. Leider haben sich bis jetzt in Deutschland nur wenig Hohlsteinfabriken etablirt und die Verwendung dieses Materials, durch welches viele sanitäre und wirthschaftliche Uebelstände beim Wohnhausbau vermieden werden könnten, ist immer noch eine sehr beschränkte.

Da die in den Hohlräumen eingeschlossene Luft die schlechte Schall- und Wärmeleitung wesentlich bedingt, so dürfen die Hohlräume nicht zu klein gehalten werden. Je grösser die Hohlräume und je geringer die Wandstärken der Hohlsteine sind, um so vortheilhafter wird sich ihr Gebrauch überall da erweisen, wo es darauf ankommt, Wärme zu reserviren, Kälte abzuhalten, die Condensation von Dämpfen zu verhüten, Niederschläge feuchter Luft zu vermeiden, Schutz gegen äussere Feuchtigkeit, trockene und leichte Mauern im Innern, ausreichende natürliche Ventilation, leichte Substructionen zu schaffen, Schalldämpfung zu erreichen (W. WAGNER).

Es lässt sich leicht berechnen, dass z. B. die Erwärmung einer 50 Cm. starken Mauer aus gewöhnlichen Vollziegeln nahezu die doppelte Wärmemenge erfordert, als die einer aus porösen oder Hohlziegeln hergestellten; eine Mauer aus Sandsteinmaterial aber braucht beinahe 3mal so viel Wärmeeinheiten als letztere. Ebenso verhalten sich die Wärmetransmissionsmengen bei Sandstein-, Ziegelvollstein- und Ziegelhohlmauerwerk wie 3600 : 2400 : 1200, oder wie 3 : 2 : 1; d. h. will man einen und denselben Raum, der einmal mit Sandsteinmauerwerk, dann mit Vollbacksteinmauern, drittens aber mit Hohlsteinmauern umschlossen ist, auf der gleichen Innentemperatur erhalten, so braucht man im ersten Falle dreimal so viel Brennmaterial, im zweiten Falle doppelt so viel als bei Hohlbacksteinmauerwerk. Nach neueren Wärmetransmissionsversuchen, wie sie von SERAFINI u. A. ausgeführt wurden, ergeben sich noch günstigere Zahlen für specifisch poröse und hohle Backsteine.

Wenn auch die werthvollen hygienischen und statischen Eigen-

schaften der Hohlsteine bisher in Deutschland nicht die verdiente Berücksichtigung gefunden haben, so hat man neuerdings die wirthschaftliche Bedeutung des Hohlziegels, darin bestehend, mit möglichst geringen Mauerstärken, also möglichst wenig Materialverbrauch zu den Umfassungsmauern genügenden Schutz gegen Hitze und Kälte, gegen Nässe und Durchklingen zu erreichen, wieder mehr gewürdigt und dieses Material beim Arbeiterwohnhausbau zugleich im Interesse der bei der Beheizung sich ergebenden Ersparniss vielfach mit Erfolg verwendet.

Auch hier wäre es dringend wünschenswerth, den erzielten Effect durch wissenschaftliche Prüfung zahlenmässig zu ermitteln.

Nach den Angaben Wagner's ist auch das bei den Bauhandwerkern bezüglich der Druckfestigkeit der Hohlbacksteine herrschende Misstrauen unbegründet. Die Druckfestigkeit der vollen Maschinenbacksteine schwankt von 30—300 Kgrm. pro 1 □cm. Dabei ist es aber sehr schwer, dem Stein am Aeusseren seine Druckfestigkeit anzusehen, indem dieselbe nicht vom Brande allein, sondern hauptsächlich von der Beschaffenheit des Thones und dessen Bearbeitung abhängt. Da man gewohnt ist, im Bauwesen mit mindestens zehnfacher Sicherheit zu arbeiten, so können solche Steine mit 3—30 Kgrm. pro □cm. belastet werden. Die meisten Hohlbacksteine haben eine Druckfestigkeit von 50—70 Kgrm. pro 1 □cm. trotz ihrer Hohlräume, weil schon zur Fabrikation derselben ein vorzüglicher Thon verwendet werden muss und das Brennen dieses Thones in Folge der Hohlräume viel besser und gleichmässiger erfolgen kann, als bei den Vollsteinen. Hohlsteine mit 15—20 Mm. Wandstärke können also noch mit 5—7 Kgrm. pro 1 □cm. belastet werden.

Bei gewöhnlichen Wohnhausbauten kommen in den seltensten Fällen grössere Belastungen als 4—4$^1/_2$ Kgrm. pro 1 □cm. vor; man kann also recht gut viergeschossige Wohngebäude schon vom Erdgeschoss aus mit Hohlsteinen aufführen, ohne Gefahr zu laufen, auch nur die unterste Schichte über Gebühr zu belasten. Bei totaler Verwendung der Hohlsteine würden sich sogar diese 4—4$^1/_2$ Kgrm. auf mindestens 3—3$^1/_2$ Kgrm. pro 1 □cm. herabmindern, ein Druck, dem schon mittelmässige Waare gewachsen ist. Die Kellermauern und das Fundament können also bei Verwendung von Hohlsteinen um ein Viertel leichter, d. h. billiger hergestellt werden, ohne ihre Leistungsfähigkeit zu beeinträchtigen, was für Orte mit schlechten Untergrundsverhältnissen ein nicht zu unterschätzender Factor ist.

Während Kalksteinmauerwerk ein Gewicht von 2500 Kgrm., Back-

steinmauerwerk aus Vollsteinen ein solches von 1600 Kgrm. pro 1 Cbm. hat, wiegt Mauerwerk aus Hohlsteinen nur 1100 Kgrm., also kaum mehr als Schlackenbeton, der seiner Leichtigkeit halber so vielfach im Bauwesen (zu Zwischendecken u. s. w.) Verwendung findet.

Fig 40. Fig. 41. Fig. 42. Fig. 43.

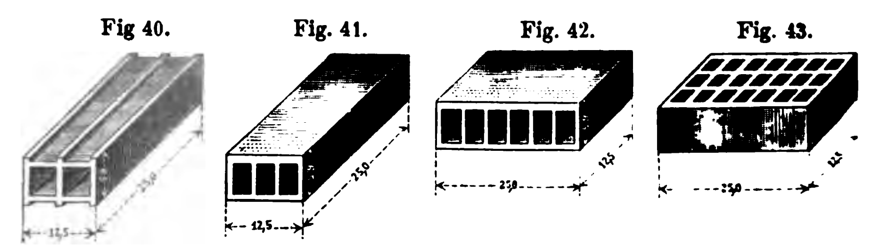
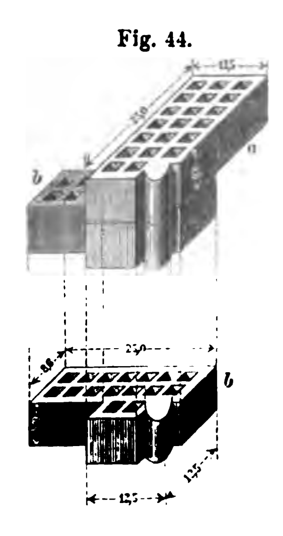


Fig. 40 stellt einen Scherrer'schen Profilstein dar, geeignet zu Fachwandausmauerungen, leichten Gewölben u. s. w. Derselbe ist fast ebenso leicht wie Neuwieder Tuffstein (1,65 Kgrm. gegen 1,45 Kgrm.), besitzt aber wesentlich höhere Druckfestigkeit und gibt in Folge der Hohlräume weit weniger durchklingende Wände, als bei Tuffsteinausmauerung. Der Preis ist der gleiche wie bei Tuffsteinen. Fig. 41, 42 und 43 zeigen Blend- und Hohlbacksteine, für starkes, massives Mauerwerk geeignet, Läufer, Binder- und Ecksteine, die in Folge kräftigerer Wandstärke ein etwas grösseres Gewicht (2,2 Kgrm., während Vollsteine Normalformat, 3,4—3,8 Kgrm. wiegen) haben, dafür aber auch eine grössere Druckfestigkeit bieten, so dass sie bei massiven Mauern durchgehends im gesammten Wohnhausbau Verwendung finden können. Für Thür- und Fenstereinfassungen werden dazu besondere Profilsteine, Fig. 44, fabricirt.

Fig. 44.



5. *Mauern aus sehr porösen Steinen.*

Die Vortheile der specifisch porösen Ziegel zur Herstellung von Aussen- und Innenmauern sind bereits früher erörtert worden und allgemein anerkannt.

Der Hauptvortheil derselben ist weniger die Permeabilität für Luft, als die für Wasserdämpfe. Dazu kommt noch die Thatsache, dass die Erwärmung einer Mauer aus gewöhnlichen Mauerziegeln bei sonst gleichen Verhältnissen ungefähr die doppelte Wärmemenge ver-

langt, als eine aus porösen Ziegelsteinen hergestellte Mauer, während eine solche aus Sandsteinen ungefähr dreimal so viel Wärmeeinheiten bedarf. Aehnlich verhält sich die Wärmetransmission.

Es lassen sich aus diesen porösen Ziegeln, wie MEINERS [1]) rechnungsmässig nachgewiesen hat, fünfstöckige Gebäude mit mehr als zehnfacher Sicherheit aufführen, vorausgesetzt, dass einzelne Mauertheile, z. B. Fundamente für Säulen und Pfeiler, Auflager für Consolen und eiserne Träger, schwer belastete Thür- und Fensterstürze und andere stark in Anspruch genommene Constructionstheile, mit Platten versehen und mit Klinkern gemauert und untermauert werden. Die Stabilität des Mauerwerkes und die Möglichkeit, dass es zerdrückt wird, hängt im Allgemeinen nicht von den Steinen, sondern von der (geringen) Druckfestigkeit des Kalkmörtels ab.

Die Schlackensteine, welche aus granulirter Hochofenschlacke und gelöschtem Kalk fabricirt werden, erreichen die Porosität des Kalktuffsteins, insofern die Permeabilitätsconstante zwischen 0,004 und 0,00666 beträgt. Die Hochofenschlacken selbst sind, wie PETTENKOFER gezeigt hat, undurchlässig, „die Schlacken sind ein blasiges Glas, auf dem das Wasser sich niederschlägt, wie auf dem Glas der Fensterscheiben.“ Die Schlackensteine enthalten aber die Schlacke in ganz verkleinertem Zustand und der Hauptmenge nach bestehen sie aus gelöschtem Kalk. Wenn dem Kalkmörtel Schlackensand beigemengt wird, entsteht eine sehr innige Verbindung mit dem Stein, dessen Festigkeitsverhältnisse an und für sich schon günstig sind. Die Steine müssen mindestens 6 Monate behufs Austrocknung trocken gelagert werden, dann trocknen die mit denselben erbauten Gebäudemauern rasch aus und man erzielt so trockene und warmhaltende Wohnräume. Da aber die Schlackensteine kleinporig sind, so wird bei Durchfeuchtung die Permeabilität bedeutend vermindert, indem feuchte Schlackensteine nur 8,9 bis 16,9 Proc. der im trockenen Zustand durchgehenden Luft durchlassen und da poröse Baumaterialien das Wasser, welches sie aufgenommen haben, um so langsamer abgeben, je feinporiger sie sind, so geht die Permeabilitätszunahme nach stattgehabter Durchfeuchtung nur langsam von statten. [2]) Daraus geht hervor, dass es zweckmässig ist, Aussenmauern aus Schlackensteinen mit einem Behang von Schiefern oder dergl. gegen Regen zu schützen.

Eine etwas geringere Permeabilität als die Schlackensteine be-

---

1) l. c. S. 94. Vergleiche auch S. 107 d. Handb.

2) LANG, l. c. S. 83.

sitzen die sogen. Cendrinsteine, welche aus einem Gemisch von schwarzem Kalk und Strassenschmand bestehen (Permeabilitätsconstante 0,0015). Da durch den Kalk eine Desinfection des Strassenschmandes bewirkt wird, so sind Gefahren für die Gesundheit bei Verwendung dieses Materials ausgeschlossen, aber wer die Zusammensetzung dieser Steine kennt, wird sie beim Baue seines Hauses nicht verwenden, da schon der Gedanke Unlustempfindungen erzeugt. Dieselben scheinen auch thatsächlich wenig Verbreitung gefunden zu haben.

Die Bimssandsteine oder rheinischen Schwemmsteine sind noch poröser als die Schlackensteine und besitzen ein geringeres Gewicht, aber auch eine geringere Druckfestigkeit, als diese. Sie werden zwar auch für Aussenmauern verwendet, dürften sich aber mehr zur Verkleidung im Innern und für innere Scheidemauern eignen, da man im ersteren Falle mehrfach rasche Verwitterung und Entfärbung der Anstrichfarben beobachtet hat.[1] Tränkt man aber, wie vorgeschlagen wurde, die für Aussenmauern bestimmten Bimssandsteine mit Theer, so geht der Hauptvortheil derselben, die Permeabilität, verloren.

6. Mauern aus Bruchsteinen.

Zum Bruchsteinmauerwerk können alle wetterbeständigen Felsarten benutzt werden. Entweder werden gleich hohe, regelmässig behauene Bruchsteine (Schichtsteine) in richtigem Verband oder aber unregelmässige Bruchsteine (gewöhnliches Bruchsteinmauerwerk) mit Mörtel verbunden oder bei primitiven Bauten (Hütten im Gebirge u. s. w.) trocken auf einander geschichtet und die Fugen mit Moos und Erde gedichtet.

Wenn verschiedene Gesteinsarten zur Verfügung stehen, wird man die poröseren zum Baue wählen. Die Vorprüfung erfolgt hierbei in der Weise, dass man auf die Fläche des vollkommen lufttrockenen Steines einen Wassertropfen fallen lässt und beobachtet, ob derselbe sofort oder erst nach längerer Zeit oder überhaupt nicht aufgesogen wird. Bei poröseren Steinen erfolgt das Aufsaugen innerhalb einer Minute. Es ist aber dringend zu empfehlen, die zur Wahl stehenden

1) Zwischen Coblenz und Bonn werden Schwemmsteine (bestehend aus erbsengrossen Bimssteinstücken und Kalk) neuerdings allgemein zur Herstellung von Wohnhäusern verwendet, welche sich durch Trockenheit, Wärme und Behaglichkeit auszeichnen. Auch sollen im Gegensatz zu obiger Angabe, die Steine unter dem Einfluss des Regens, wie hydrauliches Material, stetig an Cohärenz und Festigkeit zunehmen.

Steine in einer Untersuchungsstation für Steinmaterialien auf ihre Porosität prüfen zu lassen oder diese Bestimmung selbst auszuführen.

Bruchsteinmauern, welche aus ganz undurchlässigen Steinen bestehen, werden immer feucht, weil sich das in den Wohnräumen producirte Wasser an den kälteren Aussenwänden condensirt und nicht capillär aufgesaugt werden kann. In solchen Fällen kann man, wie schon erwähnt, durch Verwendung von viel Mörtel beim Baue (Herstellung breiter Mörtelbänder) dem sicher zu erwartenden Feuchtwerden der Wände vorbeugen.

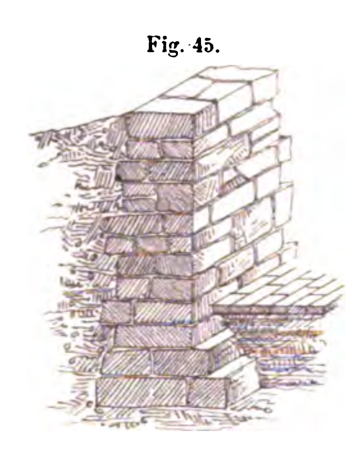
Denselben Zweck erreicht man, wenn auch nicht immer, durch künstliche Ventilation und durch Verblendung mit Mauerwerk aus Backsteinen oder specifisch porösen Ziegeln u. dgl. Die frisch aus dem Steinbruch kommenden Steine enthalten meistens eine grosse Menge Bruchfeuchtigkeit und wenn dieselben sofort vermauert werden, bleiben die Wände lange nass oder sie werden dauernd feucht, falls die Räume vor der vollständigen Austrocknung bewohnt werden. Auch die Frostbeständigkeit wird hierdurch sehr beeinträchtigt. Es ist daher dringend geboten, die Bruchsteine vor dem Vermauern längere Zeit trocken und luftig zu lagern, bis sie trocken geworden sind. Im Winter lassen sich dann auch die nicht frostbeständigen Steine an den erfolgenden Berstungen, Absplitterungen u. s. w. erkennen und ausscheiden. Auch die aus constructiven Gründen zur Anwendung kommende grosse Zahl von Durchbindern beim Bruchsteinmauerwerk kann die Ursache des Durchschlagens von Feuchtigkeit werden.

Namentlich bei Aufführung der Grundmauern aus Bruchsteinen ist verschiedenes in hygienischer Beziehung zu beachten, da dieselben den schädlichen Wirkungen der Bodenfeuchtigkeit ausgesetzt sind. Bruchsteinbauten sind in gebirgigen Gegenden, wo das Steinmaterial reichlich zur Verfügung steht, sehr verbreitet und bei den hier gewöhnlichen grossen Schwankungen des Grundwasserstandes und den häufig vorkommenden Ueberschwemmungen sollte die Aufführung der Grundmauern mit grösster Sorgfalt geschehen. Es wäre leicht möglich, die grossen Calamitäten, welche durch die alljährliche Füllung der Keller mit Wasser herbeigeführt werden, durch Beachtung des Folgenden zu verhüten.

Bei Bauten kann man oft sehen, dass die Maurer die Steine nehmen, wie sie sind, und um den grösseren Steinen Platz zu machen, den Fundamentgraben seitlich aushöhlen, während es doch nur wenig mehr Zeit und Arbeit kosten würde, den Stein so zuzuhauen, dass

er von der passenden Grösse ist. Diese zu grossen und unregelmässigen Steine (Fig. 45) ragen dann über die Verticalfläche der Mauern hervor und fangen alles an der Mauer hinunterlaufende Wasser auf, welches dann durch die Fugen in das Innere des Souterrains oder Kellers eindringt.[1]) Die Fundamentgräben sollten 30 bis 45 Cm. breiter, als die Grundmauerstärke es verlangt, gemacht werden. Der freibleibende Raum sollte erst, nachdem die Grundmauer trocken geworden ist, mit Kiesbrocken oder Ziegelstücken bis fast zur Bodenoberfläche ausgefüllt werden, damit das Regenwasser versickern kann und die Umgebung der Mauer leicht entwässert wird.

Fig. 45.



Gewöhnlich werden die Fundamentgräben, sobald die Mauern bis über Bodenhöhe aufgeführt sind, mit der ausgehobenen, inzwischen durch Regen mehr oder weniger durchfeuchteten Erde zugeschüttet, um den Maurern die Rüstung zu ersparen und um sonstigen mit den offenen Gräben verknüpften Unannehmlichkeiten zu entgehen. Dies hat nun aber den grossen Nachtheil zur Folge, dass das Grundmauerwerk nicht austrocknen und der Mörtel wegen mangelnden Luftzutrittes nur langsam abbinden kann. Es bleibt also einestheils eine Feuchtigkeitsquelle im Mauerwerk zurück, anderntheils erhält das Mauerwerk erst nach längerer Zeit diejenige Festigkeit, auf welche bei der Bemessung der Mauerdicke in Bezug auf die zu tragenden Lasten gerechnet wurde. Bei der raschen Bauweise unserer Zeit ist es nicht mehr wie früher üblich, das Grundmauerwerk dem Luftzutritt ausgesetzt stehen zu lassen, bis dieser Zeitpunkt erreicht ist und man mit Sicherheit weiterbauen kann; desshalb ist es nothwendig, um den aus der jetzigen Bauweise entspringenden Gefahren zu entgehen, auch dann, wenn die Grundmauern in trockenem, dem Zutritt von Feuchtigkeit nicht ausgesetzten Boden ausgeführt werden, zum mindesten dieselben mit hydraulischem Mörtel, besser noch mit Kalk-Cementmörtel oder magerem Cementmörtel

1) Auch bei Aussenmauern über der Erde findet man diese leichtfertige Arbeit häufig und als Folge derselben regelmässig feuchte Wandflächen im Innern der Wohnräume. Näheres hierüber in: The Sanitary Engineer. 1884. B. 9. S. 572.

aufzumauern und so ein rasches Abbinden zu erzielen (Erwin Marx).[1]

Die schwachen Stellen einer Bruchsteinmauer sind, abgesehen von defecten oder schlecht verlegten Steinen, die Fugen. Jeder Stein sollte sorgfältig allseitig und fest in den Mörtel eingebettet werden. Bei Anwendung von gewöhnlichem Mörtel sollte die Aussenseite der Fuge immer (nach Fig. 46) abgeschrägt oder überstehend sein, d. h. die Spitze der Kelle muss der Fuge entlang so hingezogen werden, dass die letztere eine Neigung nach unten von mindestens 45 Grad erhält. Auf diese Weise wird alles Wasser, das an der Mauer hinabläuft, von derselben weggeleitet, während es sonst von der Fuge aufgesogen wird. Kalkmörtel sollte aber, wie gesagt, bei Grundmauern nicht verwendet werden. In Amerika mischt man den Kalk nach Clenn Brown mit gleichen Theilen oder besser mit der doppelten Menge Cement. Bei reinem Cementmörtel wendet man eine Mischung von 1/3 Cement und 2/3 Sand an.

Fig. 46.



Wenn die Bruchsteine undurchlässig sind, ist weiter nichts nöthig, wenn sie aber durchlässig sind, müssen die Grundmauern durch Luftschächte, Asphaltschichten u. dgl., wie dies bei Backsteingrundmauern erörtert wurde, geschützt werden.

Für die Dauerhaftigkeit der Mauern aus Sedimentgesteinen ist es von Wichtigkeit, dass die Steine auf ihre natürliche Lagerfläche, wie sie im Bruche lagen, verlegt werden. Werden geschichtete Steine aufrecht gestellt, dann haben sie in dieser Lage eine geringere Druckfestigkeit und die Verwitterung erfolgt leichter. Die Maurer pflegen, um schlechte Arbeit zu verdecken, die Stossfugen, über deren Breite hinaus, sowie die ganze obere Lagerfläche mit Mörtel zu verstreichen, so dass man die Art und Weise der Mauerung nicht mehr controliren kann; gewöhnlich sind dann die Stossfugen ganz unvollkommen mit Mörtel ausgefüllt und nur aussen zugestrichen. Drückt man diese Schichte durch, dann trifft man häufig auf breite Fugen, welche, wenn auch in unregelmässigem Verlauf, oft die ganze Mauer durchsetzen. Im oberbayerischen Gebirge und in Tyrol ist dieser Brauch so gewöhnlich, dass man eine bessere Absicht und tiefere Begründung darin suchen möchte, und in der That muss hierdurch die natürliche Ventilation, die bei regelrechtem Schichtsteinmauerwerk eine so ge-

1) l. c S. 84.

ringe ist, wesentlich gesteigert werden, wenn auch die Festigkeit darunter leidet, die übrigens bei den kleinen meist nur 2stöckigen Wohngebäuden trotzdem noch vielfache Sicherheit bietet.

7. *Mauern aus Stampf- oder Gussmasse.*

Ausser dem Betonbau kommt hier die Herstellung von Mauern aus Erd- und Lehmstampfmasse und aus Kalk-Sand-Stampfmasse in Betracht.

Bei ersterer wird feuchte, jedoch nicht wassergesättigte Erde oder Lehm (auch kieshaltiger), bei letzterer Kalk und Sand im Verhältniss 1 : 8 bis 1 : 12, also ein „magerer“ Mörtel in Formen aus Holz oder Eisen gestampft und diese nach dem Trocknen, resp. Abbinden entfernt. Bei Grundmauern aus Kalk-Sand-Stampfmasse wird ein Zusatz von Portlandcement (1 Theil Luftkalk, 1 Theil Portlandcement und 6—8 Theile Sand) gemacht.

Ueber die Wahl geeigneter Erde zum Erdstampfbau machen die Handbücher genaue Angaben. Lediglich aus technischen Gründen dürfen weder Humus noch Pflanzentheile in der Erde enthalten sein, dagegen wird in älteren Büchern sogar die Beimischung von Rindviehharn, weil er der Erde eine „geschmeidige Beschaffenheit“ ertheilt, empfohlen (!).

Der Erdstampfbau war schon im Alterthum (zu Hannibals Zeiten) in Gebrauch und scheint in Afrika seine Heimath zu haben, wo er auch gegenwärtig noch florirt. Neuerdings haben die Franzosen ihre Kasernenbauten in Algerien nach einer dort üblichen Methode (Erdstampfbau mit beiderseitiger Verkleidung der Wände durch Mörtel) ausgeführt. Auch in Deutschland war derselbe gegen Ende des 18. Jahrhunderts verbreitet, ist aber gegenwärtig ganz in Vergessenheit gerathen, was vom hygienischen Standpunkt aus sicherlich nicht zu bedauern ist. Die Hygiene wird der Einführung desselben überall entgegentreten; denn abgesehen davon, dass Mauern aus Erde pathogene Bacterien conserviren können, ist unter besonderen Bedingungen (wenn der Mauer durch Verunreinigung Nährmaterial: Blut, Harn u. s. w. zugeführt wird) auch der Fall möglich, dass sich solche Mikroben darin vermehren und dass ausser dem Boden des Hauses auch dessen Wände zu Brutstätten für gewisse Infectionskrankheiten werden.

Da diese Erdmauern in Folge der nothwendigen, übermässigen Stärke den Wohnräumen ein kellerartiges, unbehagliches Aussehen verleihen, die Mauern selbst aber durch Feuchtigkeit (Grundwasser,

Regen, Ueberschwemmungen u. s. w.), sowie auch durch Mäuse und andere Nagethiere leicht geschädigt oder zerstört werden, so ist eine Verbreitung dieser höchst unzweckmässigen und ungesunden (nicht einmal bei Stallungen zulässigen) Bauart um so weniger zu erwarten, als auch die Kosten der Ausführung nur unwesentlich geringer als beim Steinbau sind. Solche Gebäude wird man nur im äussersten Nothfalle (auf Colonien u. s. w.) und auch da nur unter Anwendung einer doppelseitigen Mörtelverkleidung herstellen dürfen.

Der Anwendung des Kalk-Sand-Stampfbaues dagegen stehen keine hygienischen Bedenken entgegen. Das Material ist hierbei nichts anderes als Luftmörtel, der nach LANG's Untersuchungen eine grosse Porosität und Permeabilität besitzt, so dass die für die Behaglichkeit und Zuträglichkeit der Innenräume wichtigen Functionen der Mauer, welche nicht viel dicker, als eine Backsteinmauer zu sein braucht, ohne Störung sich vollziehen, vorausgesetzt, dass wenigstens durch rationelle Bedachung, eventuell durch weitere Schutzmaassregeln eine hochgradige Durchfeuchtung der Mauern verhütet wird. In letzterer Beziehung ist namentlich zu beachten, dass die Kalksandmauern, ihrer hygroskopischen Eigenschaften halber, nicht unmittelbar auf dem natürlichen Terrain aufsitzen dürfen; sie müssen vielmehr durch eine aus Bruchsteinen oder Ziegeln hergestellte Fundirung und Untermauerung bis zur Sockelhöhe gegen Erdfeuchtigkeit geschützt werden. Bei diesen Vorsichtsmaassregeln lassen die Kalksandmauern in Bezug auf Trockenheit, Reinlichkeit, Festigkeit und Feuersicherheit nichts zu wünschen übrig und da, wo Kalk und Sand genügend zur Verfügung stehen, lässt sich durch dieselben eine Kostenersparniss von mehr als 50 Procent gegenüber Ziegelmauern von gleicher Solidität erzielen.

Neuerdings werden auch Kalksandziegel fabricirt, welche nach 14tägigem Trocknen wie andere Ziegel, aber ohne vorheriges Nässen, vermauert werden.

8. Betonmauern.

Dass unter Beton eine Mischung von hydraulischen Mörteln (namentlich Portlandcement) und anderen mineralischen Stoffen (Kies, Sand, Schlacken u. s. w.) zu verstehen ist, wurde bereits S. 80 erörtert. Je nach dem angewendeten Füllstoff spricht man von Kies-, Sand-, Schlackenbeton u. s. w.

In allen Fällen, in welchen es nöthig ist, rasch zu bauen und in kürzester Frist trockene, zum Aufenthalt von Menschen geeignete Wohnräume herzustellen, muss auch der Betonbau in Betracht

gezogen werden. Solche Fälle waren es, welche zuerst zu Versuchen mit demselben geführt haben.

Principielle hygienische Bedenken liegen gegen den Betonbau nicht vor. Im Gegentheil, Beton gehört, nach den Permeabilitätsbestimmungen von LANG, zu den durchlässigeren Baumaterialien (vgl. S. 94) und er wird erst dann bleibend dicht, wenn er sich längere Zeit unter Wasser befunden hat.

Die Permeabilität des Betons kann durch die Wahl sehr poröser Füllstoffe, sowie durch das Mischungsverhältniss, welches zwischen 1 Theil Cement zu 9 Theilen Beimengungen und 1 : 17, ja sogar von 1 Theil Cement auf 30 Theile Zuschlag (russischer Betonbau vgl. S. 140 u. 141) variiren kann, wesentlich erhöht werden. Je dichter der Beton, um so grösser ist das Wärmeleitungsvermögen und um so geringer die natürliche Ventilation, der capillare Wassertransport und die Abdunstung an der Fläche.

Abgesehen von den natürlichen, sehr porösen Steinen, wie Tuffstein u. dgl., wird man Steinkohlenschlacken, poröse Backsteine u. s. w. als Füllstoffe wählen, um den erwähnten Zweck zu erreichen. Nur zur Herstellung der Grundmauern wird man mehr Cement und weniger Beimengungen anwenden, um einen möglichst festen, unporösen Beton zu erhalten.

Von Wichtigkeit ist auch die Menge des Wassers, welche bei Bereitung des Betons zugesetzt wird und die zwar nach den Untersuchungen TETMAJER's für die Festigkeit des Portlandcement-Betons eine untergeordnete, für die zum Erhärten und Trocknen nöthige Zeit aber eine sehr wesentliche Bedeutung hat. Am zweckmässigsten ist es, dem Mörtel so viel Wasser zuzusetzen, dass der Beton das Aussehen stark feuchter, aber noch compacter Gartenerde hat, unter keinen Umständen aber breiartig wird, weil ein breiiger Beton sich nicht stampfen lässt und viel längere Zeit zum Erhärten und Trocknen braucht.

Das ist scheinbar rein technisches Detail, welches aber auch der Arzt kennen muss, da der Betonbau, zumal er erheblich billiger ist als andere Bauausführungen, namentlich bei rasch fertig zu stellenden Gebäuden (beim Auftreten grosser Epidemien u. s. w.) in Frage kommen kann, Bauunternehmer aber in erster Linie die Billigkeit und am allerwenigsten die sanitären Bedingungen der Ausführungsart in Betracht ziehen.

Die reichliche Anwendung sehr poröser Füllstoffe vermindert zwar die Festigkeit, bedingt aber (da diese meistens viel billiger sind als Cement und oft aus sonst werthlosem Material bestehen) eine

Kostenersparniss, sowie namentlich die Trockenheit und Warm- resp. Kühlhaltung der Räume.

Alle Klagen über feuchte und kalte Betonbauten (vgl. Zeitschrift f. Baukunde 1881, S. 546 und Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1882, S. 157) haben entweder in der grossen Dichtigkeit oder zu geringen Dicke, meistens aber in beiden ihren Grund. Betonwände, welche in geringer Dicke hergestellt und bei denen viel Cement und unporöse Zuschläge (Kies u. s. w.) angewendet werden, sind sehr gute Wärmeleiter, so dass sich in der kalten Jahreszeit das in den Wohnräumen reichlich erzeugte Wasser an der kalten Innenfläche der Wand niederschlägt und bei der geringen Porosität nicht nach Aussen transportirt wird.

Die Behauptung, dass bei dünnen Betonwänden die Feuchtigkeit auf das Durchschlagen des Schlagregens zurückzuführen sei, scheint nach Beobachtungen, die ich an zwei Wechselwärterhäuschen zu machen Gelegenheit hatte, unrichtig zu sein. Ein Schieferbehang, der gegen diese angebliche Ursache angewendet wurde, hat sich als ganz wirkungslos erwiesen. Dagegen war die Einführung einer Luft-Zu- und Abführung hinter dem Ofen von vortrefflicher Wirkung, ein Beweis, dass die Ursache der Feuchtigkeit der im Innenraum erzeugte Wasserdampf war. Es scheint, dass man in solchen Fällen Ursache und Wirkung in gewissem Sinne verwechselt; die Abhaltung des Schlagregens ist allerdings bei allen Betonbauten angezeigt, nicht etwa deshalb, weil der Regen durchschlägt, sondern deshalb, weil Betonwände durch Wasser undurchlässig werden, so dass dann bei mangelnder Ventilation Feuchtigkeit an der Innenfläche auftreten muss. Betonmauern sollten aus diesen Gründen ebenso dick wie Ziegelmauern, mit möglichst porösem Zuschlag hergestellt und mit einem Behang von Steinplatten (Schiefer oder dgl.) versehen werden, dessen Werth für die Wärmeökonomie und Behaglichkeit der Innenräume später dargethan wird. Da grosse Trockenheit der Luft der Erhärtung des Betons hinderlich und ein gewisser Grad von Luftfeuchtigkeit für den dauernden Bestand nöthig ist, so trägt man Bedenken, den Betonbau in Ländern mit trockenem Klima, in welchen also das Sättigungsdeficit der Luft ein sehr grosses ist, anzuwenden. Erfahrungen über die Berechtigung dieser Bedenken scheinen jedoch bis jetzt noch nicht vorzuliegen.

Maassgebend für die Wahl des Betonbaues wird in den meisten Fällen die Möglichkeit einer Ersparniss gegenüber anderen Bauausführungen in Folge günstiger Localpreise für Cement und Zuschlag sein. Die Garantie für Billigkeit und Correctheit der Ausführung

kann bei der grossen Zahl zu beachtender Cautelen nur in der Bauleitung durch im Betonbau erfahrene Sachverständige gefunden werden. In dieser Beziehung ist es zu begrüssen, dass in Deutschland einzelne grössere Geschäfte den Betonbau als Specialität zu pflegen beginnen.

Die Anwendung des Beton für Wände und ganze Wohngebäude hat lange nicht die Ausdehnung gewonnen, welche vor 20 oder 30 Jahren die Vertreter des Betonbaues erwarteten. Die Gründe hierfür sind vornehmlich in den Gefahren zu suchen, welche entstehen, wenn der Bau von ungeübten Arbeitern und gewissenlosen Speculanten ausgeführt wird, dann in der Schwierigkeit und dem hohen Preis der architektonischen Ausschmückung, sowie in dem kahlen Aussehen und der unschönen Farbe der Wände. Der Betonbau erfordert gründliche Studien bis ins kleinste Detail. Die Ecken, die Fensterbekleidungen sind schwierig auszuführen, die Stellen, an welchen Holzwerk oder Balken u. s. w. angebracht werden, müssen vor Beginn des Baues detaillirt bestimmt und über hundert Dinge muss vorher nachgedacht werden, soll der Bau nicht misslingen. Auch die Homogenität und Härte des Betons machen sich unangenehm bemerkbar und das Einschlagen von Nägeln zum Aufhängen von Bildern u. s. w. ist schwer und umständlich. Auch die gute Schallleitung ist ein Nachtheil, und besonders schwierig ist es, nachträglich Veränderungen und Ausbesserungen anzubringen. Andererseits ist guter Beton durchlässiger als Ziegel und viele andere Bausteine, sowie härter, dauerhafter und unter Umständen auch billiger, nämlich dann, wenn Material und sachkundige Arbeiter zur Verfügung stehen und der Plan im Allgemeinen und im Detail ein einfacher ist.

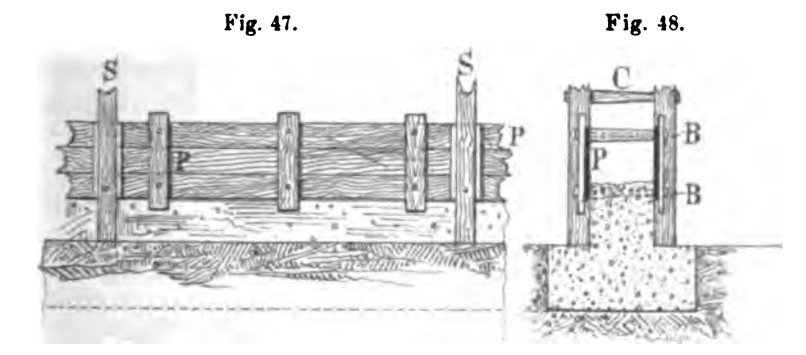
Die Dauerhaftigkeit des Betons wird durch Betonwände aus der Römerzeit bewiesen, die heute noch stehen. Auch in England stehen heute noch aus Beton erbaute Burgen aus dem 12. Jahrhundert, z. B. das Guildford Castle, dessen Wände 11—14 Fuss dick sind.

Im Jahre 1841 wurden in Harwich und 1846 in Bridgewater viele Familienhäuser (cottages) aus Romancement-Beton erbaut; desgleichen in Osborne (Isle of Wight) 1852 und solche von Portlandcement-Beton auf der Isle of Thanet im gleichen Jahr. Die letzteren wurden von DRACKE im Jahre 1872 vollkommen fest und frei von Feuchtigkeit befunden. Im Jahre 1868 patentirte DRACKE seinen eisernen Apparat zum Betonbau und in den folgenden 6 Jahren wurden in England tausende von Wohnhäusern, Kirchen, Schlössern, Fabriken u. s. w. aus Beton gebaut.

Bei Aufführung der Betonwände verwendet man besondere Formgerüste, deren Haupttheile die senkrecht stehenden Leitständer

(standards) sind, an welche die horizontalen, abnehmbaren Formtafeln (shutters oder panels) befestigt und höher gerückt werden. Die Leitständer müssen, da von ihnen die Geradheit der Mauer abhängt, genau senkrecht in Entfernungen von 2—3½ Meter aufgestellt und durch geeignete Querstücke (Bolzen) zusammengehalten werden. Der Raum dazwischen hat die Dicke der projectirten Mauer. Die Form tafeln sind an Leisten genagelt und müssen im Innern möglichst glatte Flächen besitzen. Auf die Innenfläche Eisenblech zu nageln, um die Formtafeln vor der Nässe des Betons zu schützen, ist ganz überflüssig, zumal eine Abänderung oder Verkürzung der Formtafeln dann schwer möglich ist. In diese Formen wird der Beton eingebracht und um zu verhindern, dass derselbe an den Formtafeln adhärirt, wendet man einen Ueberzug von Oel oder weicher Seife an. Die Formtafeln werden, wie die Leitständer, paarweise mit gusseisernen

Fig. 47. Fig. 48.



Querstücken (Bolzen) $B\,B$ verbunden. Diese letzteren werden durch Rohre (gebohrte Distanzhölzer) $C\,C$ gesteckt, welche die Dicke der Mauern reguliren und etwas conisch sind, damit sie schliesslich, wenn der Beton fest geworden ist, leicht herausgeschlagen werden können. Die Formtafeln sind gewöhnlich so gross, dass eine ½ Meter hohe Mauerschichte auf einmal hergestellt werden kann.[1]) Ist diese in ringsum zusammenhängender Schichte errichtet, dann werden die Formtafeln gelöst, gehoben, d. h. höher an den Leitständern befestigt. Dabei ist aber zu beachten, dass die Formtafeln niemals früher als 24 Stunden nach Fertigstellung einer Mauerschichte herausgenommen werden dürfen. — Dies wird fortgesetzt, bis die Mauer in ihrer ganzen Höhe fertiggestellt ist. Der Beton wird am besten in fertiger Mischung in die Formen gebracht, weniger gut ist die sogen. Packung, wobei zunächst eine Lage Cement in den Formen ausgebreitet wird; in

1) Concrete. The builder 1892, S. 505.

welche Steine, Schlacken und dgl. eingedrückt werden. Die letztere Methode ist zwar billiger und rascher ausführbar, aber die Mischung wird nie gleichmässig und die Aussenfläche sehr leicht uneben. Die Mischung besteht bei der ersten Art aus 1 Theil Cement, 1½ Theil Sand und 7½ Theilen Steinen, bei der zweiten aber wird, um Mörtel zu sparen, oft ein Verhältniss von 1 Cement zu 17 Beimengungen angewendet. In der Praxis wird dieses Verfahren vielfach variirt. Je weniger Cement im Verhältniss zu den anderen Beimengungen im Beton enthalten ist, um so geringer wird, wie schon erwähnt, die Festigkeit und um so grösser die Porosität.

Ein grosser Fortschritt im Betonbau wurde dadurch erzielt, dass FRANK und J. P. WEST[1]) statt der Formgerüste Betonplatten zur

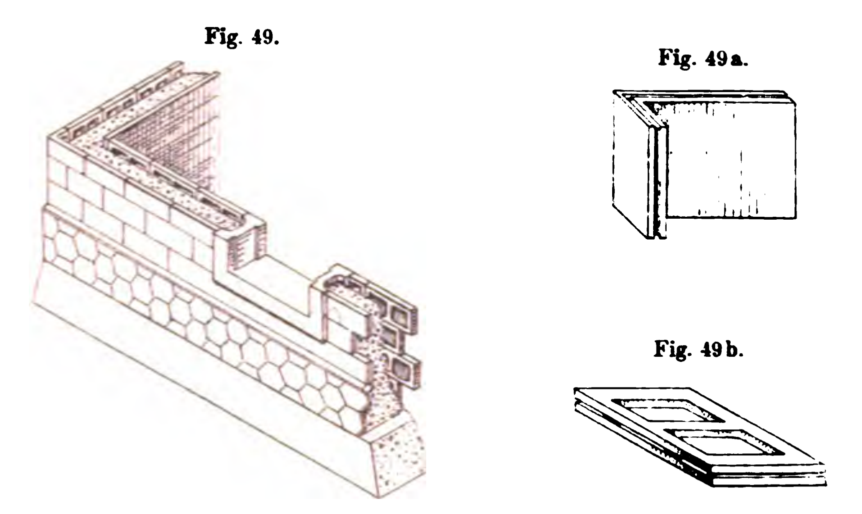


Fig. 49. Fig. 49a. Fig. 49b.

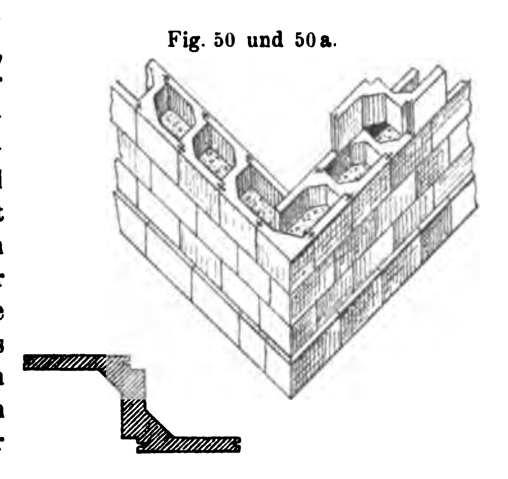
Verkleidung der Betonmauern anwendeten. Dieselben haben rechteckige oder polygonale Form und Vertiefungen an der Innenseite (Fig. 49). Diese Tafeln kommen wie polirt aus den Formen und bedürfen keiner weiteren Zurichtung. Dieselben besitzen an ihrer unteren Fläche scharf ausgeschnittene Rinnen, so dass sie einen festen Schluss bilden und andere Rinnen, die an jeder Tafel vertical und horizontal angebracht sind, sichern den Aufbau, der durch schnell bindenden Cement oder Mörtel bewerkstelligt wird. Der Raum zwischen den beiden Tafelreihen wird mit Beton ausgefüllt und so eine Mauer gebildet, aus der keine Tafel, wenn man sie nicht geradezu zertrümmert, herausgenommen werden kann. Fig. 49 zeigt die Aufführung

1) The sanitary Record 1885. S. 21.

der Gebäude, bei denen jede Art von Stein- oder Backsteinverzierung ersetzt werden kann. Die rechtwinkeligen Platten (Fig. 49a und b) sind etwa 45 Cm. lang, 30 Cm. hoch und 37 Mm. dick; das Hundert kostet nur 25 sh.

ALFRED WOODHOUSE (Bridgewater 429 South Gallery) hat eine andere Art von Betonsteinen erfunden, welche ebenfalls die Formen beim Baue entbehrlich machen und hohle Blöcke darstellen. Ventilations- und Heizungseinrichtungen lassen sich hier sehr leicht anbringen, weil sich die Röhren leicht in den Hohlräumen verlegen lassen. Das Material soll undurchlässig für Feuchtigkeit sein. Die Verlegung der Blöcke erfordert kürzere Zeit und weniger Mörtel als Backsteine. Ein Maurer kann 100 Blöcke pro Tag legen, welche den gleichen Raum einnehmen wie 1000 Backsteine, und da ein Arbeiter nur 600 Backsteine pro Tag vermauert, so wird $^{1}/_{3}$ Arbeitslohn erspart. Die Broomhall Tile und Brick Co. stellt rechtwinkelige Steinplatten (ähnlich Fig. 49a) her. Der eine Schenkel bildet die Wandverkleidung, so dass diese das Aussehen einer im Läuferverband aufgeführten Backsteinmauer erhält; der andere Schenkel wird durch die Betonfüllung festgehalten. Besondere Formstücke werden für Verzierungen und Gesimse geliefert. In Deutschland sind vielfach Betonsteine in Gebrauch, ähnlich den Z-förmigen von J. J. LISH, welche sich gut zur Herstellung hohler Mauern eignen (Fig. 50 u. 50a). Durch Einschaltung von gewöhnlichen Betonplatten, welche die doppelte Länge der Flügel der Z-förmigen Steine haben, können dickere Mauern mit grösseren Hohlräumen erzielt werden. Soll eine volle Mauer aufgeführt werden, so füllt man die Hohlräume mit Beton aus. Die Steine sind, da sie gut in einander passen, leicht zu transportiren.[1])

Fig. 50 und 50a.



Die Vorzüge der Betongebäude in hygienischer Beziehung gründen sich zunächst auf die Durchlässigkeit des Betons, welche nach LANG's[2]) Untersuchungen derjenigen der Backsteine nahezu gleichkommt, so

1) Building news Bd. 37, S. 411.

2) Ueber natürliche Ventilation. Stuttgart 1877. S. 81 u. s. w.

dass Beton in trockenem Zustand zu den durchlässigeren Materialien gehört. Erst wenn sich derselbe längere Zeit (48 Stunden) vollständig unter Wasser befindet, wird er bleibend undurchlässig. Hieraus kann aber nicht auf den Einfluss des Regens geschlossen werden. Die Grösse seiner Einwirkung müsste erst experimentell festgestellt werden. Guter Beton absorbirt weniger Wasser als Ziegelstein, während bei Ziegelsteinmauern noch der Nachtheil hinzukommt, dass die Fugen leicht von Wasser durchdrungen werden. Nur schlechter Beton bekommt Sprünge und lässt dann Regenwasser durch. Der Einfluss des Regens lässt sich jedoch leicht durch einen Behang aus Schiefer, Cementplatten und dgl. vollkommen und dauernd ausschliessen. Bei Betonbauten wird daher auch bei feuchter Witterung die natürliche Ventilation eine beträchtliche sein und die anderen Vortheile poröser Mauern in Bezug auf Wärmeökonomie und Trockenheit sich geltend machen. Betonmauern trocknen rasch aus, so dass die Räume schon kurze Zeit nach Fertigstellung des Baues bewohnt werden können. Die Betonwände bieten ferner grosse Sicherheit gegen Ungeziefer, welches sich hinter dem Putz und den oft ganz durchgehenden Fugen der Bruchsteinmauern so leicht ansammelt. Rauch- und Lüftungsrohre können in Betonmauern leicht und ohne Kosten angebracht werden.

Ein grosser Nachtheil aber ist, dass sich Bauänderungen späterhin sehr schwierig ausführen lassen.

Auch haben die oben aufgezählten Vortheile nur für solche Bauten Gültigkeit, welche von erfahrenen Specialisten ausgeführt wurden. Wo dies nicht der Fall ist und ungeübte Arbeiter beim Bau verwendet werden, machen sich die zahlreichen nachtheiligen Erscheinungen geltend, welche von den Gegnern des Betonbaues angeführt wurden.[1]) Auf einem Architektencongress im Jahre 1876 in London erklärten 5 Redner beobachtet zu haben, dass sich auf Betonmauern leicht Wasser condensire und dass dieselben allmählich in Folge der Verkleinerung ihres Volumens Sprünge bekommen. Dagegen gaben 10 Redner, darunter Payne, der eine grosse Erfahrung im Beton besitzt und viele andere Architekten, welche Betonbauten zu untersuchen Gelegenheit hatten, die Erklärung ab, dass Betonhäuser wärmer und trockener seien, als solche von Ziegelstein oder Bruchsteinen und dass dieselben früher bezogen werden können. Es komme wohl vor, dass Betonmauern ebenso wie solche aus Backsteinen etwas Feuchtigkeit condensiren, was aber durch einen inneren Mörtelbewurf leicht

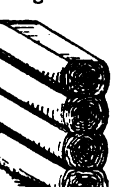
1) Vgl. Zeitschr. f. Baukunde 1881, S. 546 und Wochenbl. f. Arch. u. Ing. 1882, S. 157.

verhütet werden könne. Bei gutem Beton werde eine merkliche Volumverkleinerung und die Entstehung von Sprüngen nicht beobachtet.[1])

9. Umfassungsmauern aus Holz und Stein.
(Fachwerkbau.)

Stein und Lehm waren wohl die ersten zum Hausbau benutzten Materialien. Wo aber, wie im nördlichen Europa, ungeheure Wälder den Boden bedeckten, da wurden schon in vorgeschichtlichen Zeiten die Häuser aus Holz gebaut, indem man gerade Blöcke über einander legte (Fig. 51), die in Folge der schlechten Wärmeleitung des Materials gute und wettersichere Mauern bildeten. In Schweden und Norwegen sind solche Blockhäuser aus ältester Zeit erhalten und nach LACHNER sind die lykischen Blockhausgräber Nachbildungen von Wohnhäusern, die mit doppelten Bohlenwänden, deren Zwischenräume mit Erde ausgefüllt waren, errichtet wurden.[2]) In Norwegen, in unserem Hochgebirge und namentlich in der Schweiz wird die Blockwand, wie sie seit vielen Jahrhunderten in Gebrauch ist, heute noch angewendet. Die Blöcke werden, damit sie sichere Lagerung erhalten, oben und unten leicht abgeflacht und Moos dazwischen getrieben, um die Fugen auszufüllen und Wind und Regen abzuhalten. Das filzartig weiche, bleichgrüne Wassermoos (Sphagnum palustre L.) ist hierzu am besten geeignet, da es, auch wenn es noch so lange trocken war, bei der geringsten Feuchtigkeit wieder aufschwillt, nie im Holze wurzelt und keinen Anlass zur Fäulniss gibt. Um die Wände gleichmässig hoch zu erhalten, wird jedesmal das dicke Ende eines Blockes nach der entgegengesetzten Seite verlegt wie vorher. Gewöhnlich schützt man die untersten Blöcke durch eine niedrige Sockelmauer gegen Feuchtigkeit und zum besseren Schutze gegen Hitze, Kälte und Regen bedeckt man die Aussenseite mit schuppenförmig über einander genagelten Brettern, während die Innenflächen durch glatt gehobelte Bretterlagen ein behagliches Aussehen erhalten. Dieser einfache Blockbau empfiehlt sich überall dort, wo mit geringen Hilfsmitteln und Fertigkeiten der Rauhigkeit des Klimas Trotz zu bieten ist. „Dazu befähigen ihn die schlechte Wärmeleitungsfähigkeit des Holzes, die Einfachheit der Verbindungen, mit denen er hergestellt, die Leichtigkeit und Schnelligkeit, mit der er aufgeführt werden

Fig. 51.

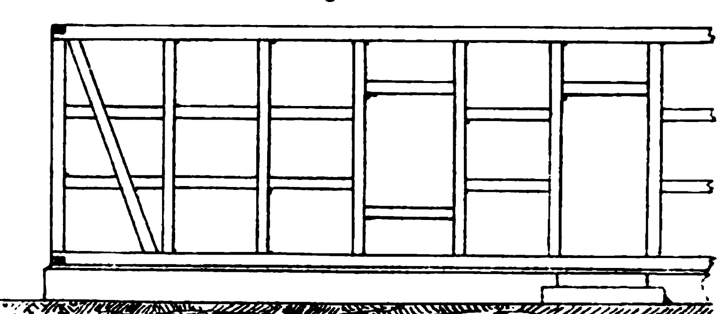


1) The Builder 1892, S. 506.
2) Zeitschr. f. bild. Kunst, Jahrg. 23, S. 31.

kann, und die sofortige Brauchbarkeit.“[1]) In der Schweiz, in Russland, Ungarn und den slavischen Ländern Oesterreichs hat der Blockbau eine reiche und malerische Ausbildung erfahren, wobei neben Schnitzwerk und Ornamenten namentlich auch die verschiedenen Farben des Holzes wirkungsvoll verwerthet wurden.

Nachdem das Land urbar gemacht, die Wälder verschwunden und das Bauholz seltener geworden war, bildete sich in Deutschland, Frankreich und England eine sparsamere Construction, der Holz-Fachwerkbau aus, wobei ein aus viereckigen Pfosten bestehendes Holz-Rahmwerk das Gerippe des Hauses bildete (Fig. 51 a). Die Zwischenräume wurden mit dünnem Stein- oder Ziegelmauerwerk ausgefüllt oder es wurde innen und aussen Lattenwerk auf die Pfosten genagelt, welches beiderseits mit Mörtelbewurf versehen wurde, so dass ein Hohlraum

Fig. 51 a.



dazwischen verblieb. Zur Erhaltung des Holzes pflegte man die Pfosten zu theeren, schwarz oder braun anzustreichen und die Mörtelfelder dazwischen wurden weiss getüncht und bisweilen auch mit Ornamenten und Malereien versehen.

Aus diesem ärmlichen Material schuf sich der Volksinstinkt einen Baustyl, welcher die Jahrhunderte überdauert, so dass heute noch zahlreiche herrliche Typen davon vorhanden sind und der in seinem gemüthlichen Schwarz und Weiss so schön ist, dass man ihn bloss seines Aussehens wegen copirt, um ihn den Aussenmantel eines Hauses bilden zu lassen, welches thatsächlich aus Backsteinen besteht.[2])

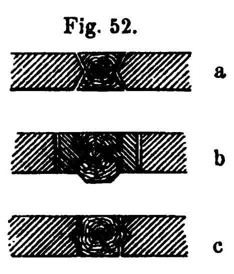
Die Fachwerkwände bestehen aus einem durch geschnittene oder behauene Balken gebildeten Holzgerüst, dessen Zwischenräume oder Gefache mit Stein und dgl. ausgefüllt werden (Fig. 51 a). Zur Ab-

1) E. Marx, Handb. d. Architektur. III. Thl. 2. Bd. S. 222.

2) Vgl. J. J. Stevenson, House Architectur. London. Macmillan & Co. 1880. S. 160.

haltung der Bodenfeuchtigkeit und des Spritzwassers vom Holze muss zunächst eine mindestens 50 Cm. hohe Sockelmauer hergestellt und mit einer Isolirschicht abgedeckt werden. Auf diese wird die horizontale Grundschwelle gelagert, auf welcher die lothrechten Ständer oder Pfosten stehen, die nach oben von einer horizontalen Pfette (Rahmen) abgeschlossen werden. Auf diese Weise entstehen die rechteckigen Felder oder Gefache, welche durch die wagerechten Riegel in kleinere Abtheilungen zerlegt werden, die entweder eine Ausfüllung erhalten oder als Oeffnungen verbleiben (Fig. 51a). Die Ausfüllung der Gefache geschieht in der Regel mit Backsteinen und zwar ½ oder 1 Stein stark und wenn dieselben als Rohbau sichtbar bleiben, wendet man gewöhnlich glasirte Steine an.

Fig. 52.



Ein grosser Uebelstand der Fachausmauerung ist das Loslösen derselben vom Holze in Folge des Schwindens des letzteren und der Austrocknung und Volumverkleinerung des Mörtels. Dadurch entstehen mehr oder weniger weite Fugen zwischen Mauerwerk und Holzgerüst, welche gewöhnlich die ganze Wand durchsetzen und die Innenräume des Hauses in directe Communication mit der Aussenluft setzen. Das Eindringen von Feuchtigkeit in die Fugen und Risse bewirkt im Verein mit dem Frost eine fortschreitende Zerstörung des Mauerwerks und insbesondere des Holzes. Die Behaglichkeit der Wohnräume wird in hohem Maasse beeinträchtigt durch das unschöne Aussehen der rissigen Wände und die ungünstige Einwirkung der Witterung auf die Bewohner. Man hat vergebens versucht, diesen Misstand durch Anwendung von Portlandcement zum Ausmauern zu beseitigen. Derselbe erlangt aber in Folge der raschen Austrocknung der schwachen Mauern nur ungenügende Festigkeit. Dagegen hat man den besten Erfolg durch Kalkcementmörtel erzielt, namentlich dann, wenn auch für die Verwendung von gut ausgetrocknetem Holze Sorge getragen wurde. Auch durch Ausfüllen der Fachwerke mit Lehmflechtwerk lassen sich dichte und dichtbleibende Wände erzielen. Ausserdem ist es zweckmässig, die Seitenfläche der Ständer auszuspähnen (Fig. 52a) oder besser auszunuthen und in die dadurch gebildeten Vertiefungen oder Nuthen besonders geformte Steine (Fig. 52b) einzumauern. Da aber die Ständer durch das Ausnuthen geschwächt werden und die anzuwendenden Formsteine nicht überall leicht zu haben sind, so suchte man mit Erfolg den gleichen Zweck dadurch zu erreichen, dass man auf die Seitenflächen der Ständer dreieckige

Leisten nagelte (Fig. 52 c), denen entsprechend die Steine zugehauen werden, so dass ihre Lage gesichert ist.[1]) Auf noch einfachere Weise kann die Fugenbildung dadurch vermieden werden, dass man grosse Nägel, nach je 4 Schichten, in Fugenhöhe seitlich in die Ständer einschlägt, so dass sie mit dem Kopfende etwa 8 Cm. vorstehen, und dieselben vermauert.[2])

Auch beim **Fachwerksbau** gewähren Hohlmauerwerk oder Verblendungen aus Hohlsteinen wesentliche Vortheile. Mit Hilfe von Verschalungen oder Behängen in Schiefer, Solinger oder Cementplatten und mit Hohlmauerwerk aus hochkant gestellten Steinen nach Fig. 53, wobei auch bedeutend an Ziegelmaterial erspart wird, lässt sich der Fachwerksbau wärmedicht und wetterbeständig herstellen und die Wohnlichkeit lässt nichts zu wünschen übrig.[3])

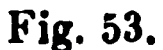


Fig. 53.



Man kann auch für die Umfassungswände eine Construction wählen, wie sie in Fig. 54 dargestellt ist. Die Fachwerkswand ist innen mit Hohlsteinen verkleidet, welche durch die in denselben enthaltenen Lufträume Schutz gegen äussere Witterungsverhältnisse bieten. Die Gefache sind mit trockenem Material (am besten mit Ziegeln) auszufüllen. Stets ist aber zur Trockenheit und Abhaltung des Spritzwassers bei Fachwerksbauten ein mindestens 80 Cm. über den Boden reichender Sockel nothwendig.

Um die Wärmeverhältnisse der Innenräume noch günstiger zu gestalten, kann man zur Ausmauerung auch Bimssandsteine, Schwemm-, Tuff- oder Korksteine anwenden, welche eine geringe Wärmeleitungs-

1) Handb. d. Architektur. III. Thl. 2. Bd. S. 192. Erwin Marx: Raumbegrenzende Constructionen.

2) Deutsche Bauzeitung 1884, S. 287, citirt im Handb. d. Arch. l. c.

3) Vgl. Betrachtungen über die Hochbautechnik der Gegenwart. Zeitschrift für Bauhandwerker. 1887. S. 31.

fähigkeit besitzen und durch welche auch eine wesentliche Herabminderung des Gewichtes erzielt wird. Die Aussenmauern müssen aber einen besonderen Schutz gegen Feuchtigkeit (durch Schindeln oder dgl.) erhalten.

Auch Gypsdielen (Mack in Ludwigsburg und O. Strelin, München), Schilfbretter (Giraudi in Zürich) oder Spreutafeln (Katz in Cannstatt) werden nach Fig. 54a zur Ausmauerung der Holzfachwerkwände benutzt, wobei aber ebenfalls ein Wetterschutz oder dgl. nöthig ist. Die

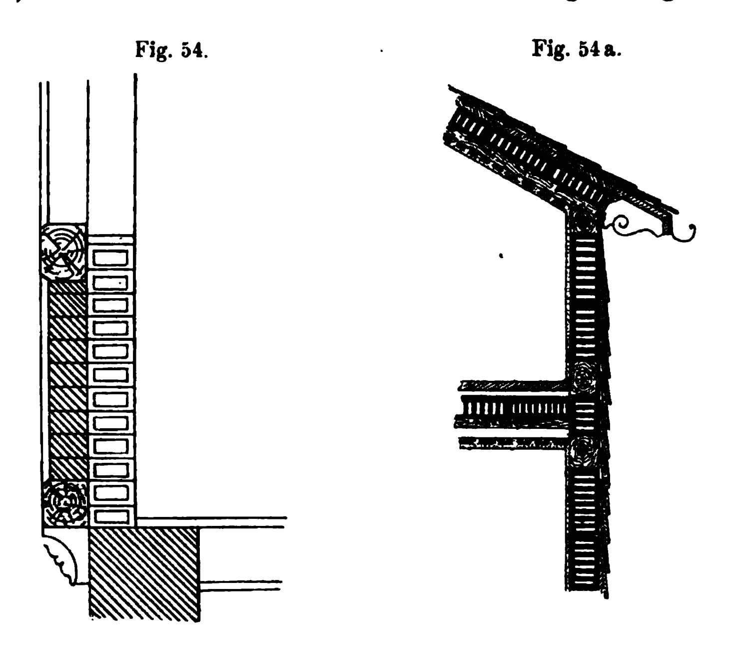


Fig. 54. Fig. 54a.

Gypsdielen bestehen aus Gyps, Kalk und hohlen Rohrstengeln. Die zur Ausfüllung der Gefache bestimmten Gypsdielen sind 2,5 bis 3,0 Meter lang, 20 bis 25 Cm. breit und 7 Cm. dick und sollen an die 6 Cm. starken und in Entfernungen von 2,5 bis 3 Meter aufzustellenden Ständer, seitlich angenagelt werden (1 □meter = 50 Kg.).

Gegen die Schilfbretter hat man den Einwand erhoben, dass sich in ihren Höhlungen gesundheitsschädliche Stoffe ansammeln könnten. Dieser Einwand ist nicht berechtigt, da die Höhlungen in der Mauer abgeschlossen sind.

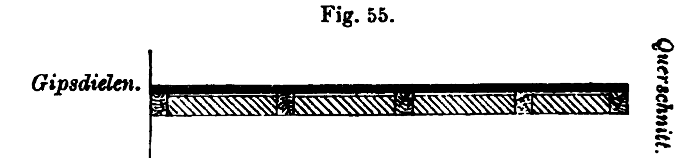
Die Spreutafeln sind noch leichter als die Gypsdielen (1 □meter wiegt bei 10 Cm. Dicke 50 Kg.). Sie werden in sehr verschiedenen Grössen aus geschnittenem Stroh, Spreu, Thierhaaren, Gyps, Kalk und Leimwasser in hölzernen Gussformen, event. am Bauplatz selbst

hergestellt und können, da sie sehr rasch trocknen, nach kurzer Zeit verwendet werden. Die Spreutafeln haben der Länge nach durchlaufende Höhlungen (Fig. 54a), werden mit einem Mörtel mit 15—20 Volumtheilen Gypszusatz vermauert und mit einem Gypsverputz von 3 bis 5 Mm. Dicke versehen. Das Holzwerk ist, weil es ausser dem Putz noch Berohrung erhält, etwas schwächer als die Spreutafeln zu machen.

Bei Aussenmauern müssen die Spreutafeln einen Wetterschutz durch Schindeln oder dgl. nach Fig. 54a erhalten.[1])

Die genannten Materialien können auch zweckmässig zur innern Verkleidung von Fachwerkswänden, besonders in freistehenden Gebäuden, verwendet werden. Die Ausmauerung der Fachwerkswände (Fig. 55) wird etwas schwächer als die Holzstärke genommen, so dass zwischen ersterer und den Gypsdielen ein Luftraum von 2 Cm. verbleibt. Die Gypsdielenfläche wird verputzt. So lassen sich trockene,

Fig. 55.



im Sommer kühle, im Winter warme Innenräume leicht erzielen. Die äussere Verblendung von Holz-Fachwerkswänden ist vielerorts der Feuersicherheit wegen vorgeschrieben oder man wendet sie als Wetterschutz und wohl auch in der Absicht an, dem Gebäude das Aussehen eines massiven Bauwerkes zu geben.

Man stellt gewöhnlich eine $^1/_2$ Stein starke Backsteinverblendung her; da aber die Steine feucht vermauert werden müssen und die $^1/_2$ Stein starke Mauer vom Schlagregen leicht durchnässt wird, so bleibt das eingeschlossene Holzwerk beständig feucht, zumal die Verdunstung der Feuchtigkeit sehr erschwert ist. Wo eine solche Verblendung baupolizeilich vorgeschrieben ist, empfiehlt es sich, die Construction CALONS (Essen, D. R.-Patent No. 6170 und 7836) anzuwenden, bei welcher 4—7 Cm. starke Cement- oder Terracotta-Platten *a* (Fig. 56 und 57) durch einen Zwischenraum *c* von der Fachwerkswand *b* getrennt und mit dieser durch Stichanker *d* verbunden sind, welche in schwalbenschwanzförmig gestaltete Löcher der Platten eingreifen. Vor der Versetzung der letzteren werden diese Löcher mit Cement ausgegossen. Die Platten sind überfalzt, um der Feuchtigkeit den Zutritt zu versperren. Die Falze gehen lothrecht durch,

1) E. MARX, l. c. S. 196.

lassen aber kurze Strecken der wagerechten Fugen offen, durch welche eine Verbindung des Hohlraumes mit der äusseren Luft erhalten bleibt. Diese soll das Wiederaustrocknen der durch Schlagregen feucht gewordenen Platten befördern. Die Construction wird namentlich für Terrain empfohlen, auf welchem vorkommender Bodensenkungen halber massive Bauten nicht ausführbar sind.

Statt der Holzfachwerkswände mit Ausmauerung der Gefache werden auch (namentlich in Amerika) hohle Fachwerkswände zur Construction von Wohngebäuden angewendet. Bei denselben bleibt die Ausmauerung der Gefache weg und das Gerüste erhält aussen und innen eine durch einen Hohlraum getrennte Verkleidung. Diese Wohngebäude mit hohlen Fachwerkswänden sind bekannt unter dem Namen „wandernde Häuser" oder „Cottages" der Amerikaner. Diese Pioniere der Architektur, wie sie GRUNNER nennt, entsprechen, leicht aus Holz gebaut und transportabel, dennoch in Verbindung mit der amerikanischen Lebensweise den Anforderungen an Comfort, Billigkeit und gefälliges Aussehen in vollem Maasse.

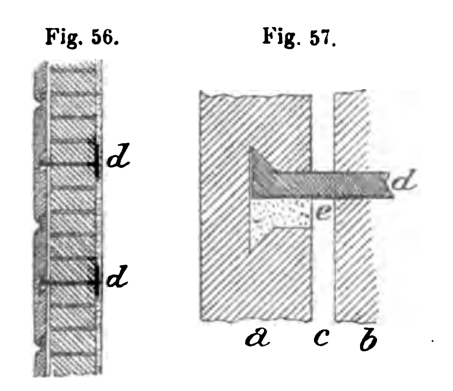


Fig. 56. Fig. 57.

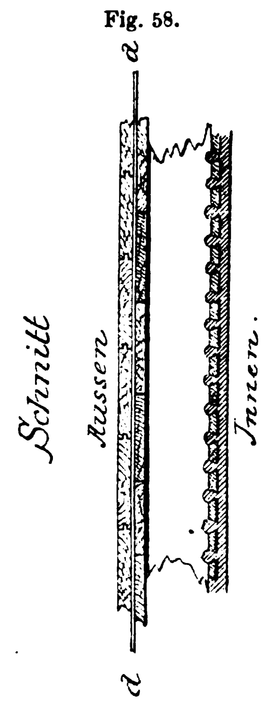
Die Fundation dieser Häuschen besteht gewöhnlich aus einer Reihe, dem Plan des künftigen Gebäudes entsprechend eingerammter Pfähle. In sumpfigem oder tief gelegenem Terrain, dessen Bebauung bei der Colonisation oft unumgänglich ist, bleiben 1—2 Meter jener Pfähle über dem Boden, die später mit gefugten Brettern verkleidet werden und Kellerräume umschliessen. Auf diese Pfähle wird ein Schwellenkranz von 8 × 10″ auf die breite Seite gelegt und auf dem Schwellenkranz werden Pfosten (Säulen) von 2 × 4″, die schmale Seite nach aussen, aufgestellt. Die Pfosten, die auch bei mehrstöckigen Häusern aus einem Stück durchgehen, tragen oben einen Pfettenkranz mit dem meist sehr einfach construirten Dachstuhl und dem Dachgebälk. Die Pfosten werden aussen mit 4″ breiten gehobelten Brettern, den sogen. „clap boards", die sich dachziegelförmig über einander legen, in horizontalen Reihen benagelt. Oft werden die Aussenwände auch durch eine doppelte Bretterverschalung gebildet.

Wie Architekt BASSEL[1]) in Washington mittheilte, wendet man

1) Centralblatt der Bauverwaltung, 1888, S. 346.

weiterhin zur Dichthaltung solcher Fachwände gegen Wärme, Kälte, Wind und Feuchtigkeit verschiedene Mittel an, unter welchen sich eine zwischen der äusseren doppelten Brettschicht angebrachte Papierbekleidung (Fig. 58 und 59 *a a*) besonders bewährt hat, da sie bei guter Ausführung ein billiges, warmes und dichtes Haus liefert.

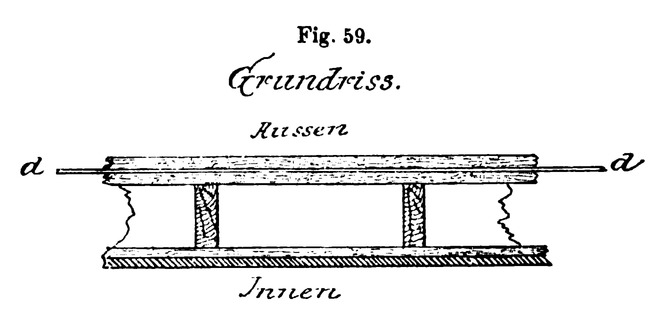
Fig. 58.



An Stelle des anfangs gebräuchlichen, aber wegen seines Geruches unbeliebt gewordenen Theerpapiers, wendet man gegenwärtig die durch ihre Widerstandsfähigkeit gegen Wärme, Ungeziefer, Feuer u. s. w. sich auszeichnenden Asbestfilzpapiere an, sowie namentlich die für Luft und Wasser viel weniger durchlässigen, angeblich aus Manilahanf und trocknenden Oelen hergestellten Papiere aus den Manahan-Werken in New-York.

Die Umfassungswände erhalten also nach aussen zunächst eine Verkleidung von rauhen, meistens gespundeten, schmalen, wagerecht verlegten Brettern, dann folgt die Papierschicht und hierauf der äussere Wandabschluss, bestehend aus einer zweiten Bretterverkleidung oder aus einem Behang von Schindeln, Schiefern, Ziegeln, Cement- oder Metallplatten. Die Innenflächen der Aussenwände, sowie die inneren Scheidewände werden entweder mit gehobelten und gespundeten 2,5 Cm. dicken Brettern verkleidet, welche einen zweimaligen Anstrich mit heissem Leinöl erhalten, oder sie

Fig. 59.



werden durch Latten hergestellt, die über die Pfosten genagelt und später mit einem mit Haaren vermengten Mörtel geputzt werden.

Sollen ganz besonders dicht und warmhaltende Aussenwände erzielt werden, so wird auch auf der Rückseite der äusseren Bretter-

verkleidung ein Lattenputz zwischen den Ständern hergestellt (backplastering). Meistens nagelt man die Latten dabei aber auf andere, lothrecht stehende Latten, um einen zweiten Hohlraum zu erzielen (Fig. 60). In ähnlicher Weise verfährt man bei Scheidewänden zur Sicherung gegen Schallleitung.[1])

In gleicher Weise wie für die Dichtung der Wände findet das Hanfpapier zur Dichtung der Dächer Verwendung und zwar entweder als Zwischenlage bei doppelter Schalung, deren äussere beliebige Deckstoffe, Schindeln, Dachziegel, Metallbleche trägt, oder auch als unmittelbare Decke zwischen einfacher, rauher Schalung und dem aufliegenden Deckstoffe. Zur Verminderung der Durchlässigkeit der Decken und der Schallleitung werden ebenfalls Papierlagen zwischen den Blind- und Fussböden, oder auf den letzteren unter den Teppichen verwandt. Auch werden diese Papiere zur Erzeugung eines warmen Fussbodens uneben oder gewellt hergestellt, um in ihren Vertiefungen abschliessende Lufträume zu bilden.

Fig. 60.

Der practische Erfindungsgeist der Amerikaner ist damit auf das billigste und einfachste Mittel gekommen, um die zugigen und kalten Wohnhäuser dicht und warm zu machen, auf ein Mittel, welches, wie GRÜNZWEIG[2]) durch experimentelle Untersuchungen gezeigt hat, für solche Zwecke und mit Rücksicht auf die geringen Kosten das rationellste und wirksamste ist, da eine dünne Lage gewöhnlichen Papiers die Wärmedurchlässigkeit einer Schalung um 16 Procent vermindert.

Zu ähnlichen Zwecken dürfte wohl auch das als „Superator" bezeichnete Fabrikat, welches zugleich als feuersichere Wandverkleidung dienen soll, geeignet sein. Es besteht aus einem dünnen, schmiegsamen Eisendrahtgewebe oder einer imprägnirten Leineneinlage, beiderseitig mit einer Art von „mineralischem Filz", dessen Hauptbestandtheil wohl Asbest ist, überzogen. Es wird in Rollen bis zu 11 Meter Länge und 1 Meter Breite hergestellt. Die Dicke variirt von $^3/_4$ bis 6 Mm., das Gewicht beträgt bei 6 Mm. Dicke 9 Kg. pro 1 □meter. Der Preis schwankt je nach der Dicke zwischen 1 und 8 Mark.

Die Einfachheit des amerikanischen Fachwerksbaues ergibt sich

1) Building Bd. 3, p. 140. Citirt im Handbuch d. Architektur l. c. S. 238.

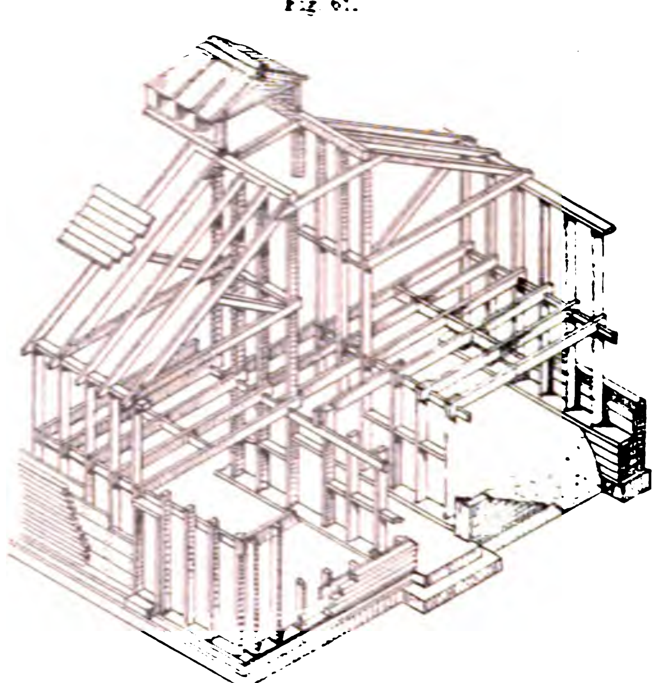
2) Vergleichende Versuche über Wärmedurchlässigkeit verschiedener Bau- und Bedachungsmaterialien. Gesundheits-Ingenieur 1886, S. 541.

aus Fig. 61, welche das Gerüste eines canadischen Holzgebäudes in sehr übersichtlicher Weise darstellt.

Zur Verkleidung der Aussenseite hohler Fachwerkswände sind die neuen künstlichen Baustoffe, wie Cementbeton-Platten, Magnesit- und Xylolith-Platten u. s. w. besonders geeignet.

Wird Wellblech zur äusseren Verblendung von Fachwerkswänden angewendet, so muss unter dem Wellblech unbedingt (wenn es sich

Fig. 61.

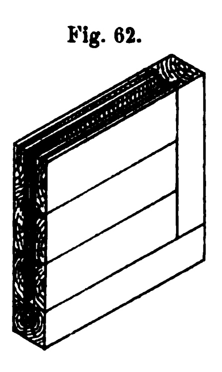


um für Menschen oder Thiere bestimmte Aufenthaltsräume handelt), eine isolirende Schichte angebracht werden, um die Transmission der Wärme des durch die Sonnenbestrahlung oft stark erhitzten Eisenblechs zu verhüten. Bei Nichtbeachtung dieser Forderung können Wohnräume im Sommer geradezu unbenützbar werden.

Bei den hohlen Holz-Fachwerkswänden der sogen. eisernen Häuser in Meiningen wurde zwischen die äussere Wellblechbekleidung und das 14 Cm. starke Holzgerüst eine Schicht von Filz aus Theer und Kuhhaaren eingeschaltet, während die Innenseite der Wände eine gehobelte und gespundete Verschalung erhielt. Diese Construction soll sich gut bewährt haben.

Mitunter werden auch bei Wohngebäuden die Hohlräume von schlecht wärmeleitenden Stoffen ausgefüllt, um die Wohnräume gegen das Eindringen äusserer Kälte und Hitze und gegen Schalldurchlässigkeit zu schützen. Am geeignetsten für diesen Zweck dürfte Kieselguhr oder Diatomeen-Erde sein, über welche im Capitel „Zwischendecken" Näheres mitgetheilt wird.

Fig. 62.



Der hohlen Fachwand sehr ähnlich sind Bohlenwände mit doppelter Bretterwand, wie solche in Fig. 62 skizzirt sind. Diese doppelten Bohlenwände mit Ausfüllung des Hohlraumes durch trockenen Sand, Kieselguhr u. s. w. haben sich namentlich für Scheidewände von Gefängnissen bewährt.

Doppelte Bretterwände in ähnlicher Anordnung, aber in schräg sich kreuzender Lage kamen bei Colonistenhäusern in Algier zur Anwendung (vgl. Fig. 63). Zwischen den Dielen wurden zum Schutz gegen Witterungseinflüsse, Ungeziefer u. s. w. eine Lage von mit Thran getränktem starken Papier (Fig. 63a) eingeschaltet, was nach dem oben Gesagten von vortrefflicher Wirkung ist. Diese Häuser wurden in Norwegen hergestellt und in Algier wieder zusammengesetzt.

Fig. 63.

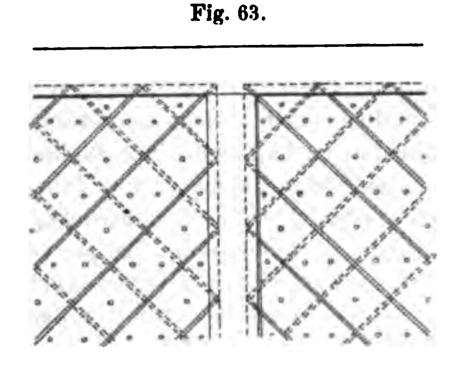
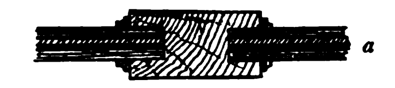


Fig. 63 a.



Eine ganz ähnliche Construction besitzen die von Thams u. Co. in Trontjem hergestellten zerlegbaren Holzhäuser, welche in verschiedenen Stylarten und vortrefflicher architektonischer Ausführung nach allen Welttheilen versendet werden. Die Wände sind in Tafeln aus drei Lagen von gespundeten und in der Faserrichtung sich kreuzenden Brettern von zusammen 4 Cm. Dicke hergestellt, welche in die Nuthen von Ständern eingeschoben werden (Fig. 64). Bei den Aussenwänden ist zwischen die beiden äusseren Brettlagen asphaltirtes Papier eingeschaltet (Fig. 64, *a*). Bei

Fig. 64.



den Scheidewänden kommt an Stelle des letzteren ein anderes, mit Rücksicht auf Schallsicherheit hergestelltes Papier zur Verwendung. Das Holz, welches seine natürliche Farbe behält, wird vor der Versendung das erste Mal, nach der Aufstellung ein zweites Mal mit gekochtem Leinöl getränkt und dann mit farblosem Lack überzogen. Diese aus Tannenholz hergestellten, den Ansprüchen der Schönheit und Eleganz vollkommen genügenden Häuser, sollen auch im tropischen Klima der Colonien eine Dauer von 80—100 Jahren haben.[1]

Die Ansicht, dass Fachwerksbauten, hölzerne Säulen und Treppen aus Gründen der Feuersicherheit möglichst zu vermeiden seien, hat neuerdings, wie Hinkeldeyn (Centralbl. f. Bauverwaltung 1889, S. 105) constatirt, in den Reihen der Sachverständigen insofern eine Wandlung erfahren, als sie sich überzeugt haben, dass bei Holzconstructionen im Falle eines Brandes die Gefährdung von Menschenleben geringer ist, als bei vielen Stein- und Eisenconstructionen. Hölzerne Pfeiler und Säulen setzen nach Beobachtungen des Commandeurs der Londoner Feuerwehr, Shaw, dem Feuer lange Widerstand entgegen, ehe sie brechen; derselbe behauptet niemals gesehen zu haben, dass starke Holzpfeiler gänzlich zerstört werden und er rechnet daher hölzerne Freistützen zu den feuersicheren Constructionen.[2] Dieses Verhalten erklärt sich theoretisch daraus, dass die Flamme unter normalen Verhältnissen ihre Richtung stets nach oben hat. In einer feuerbedeckten Fläche nimmt daher der Pfeiler nur einen Raum ein, der seinem Querschnitt entspricht, während der horizontal liegende Balken auf seine ganze Länge vom Feuer berührt wird. Holz ist überhaupt nur da leicht verbrennlich, wo es von unten her vom Feuer erreicht wird und dies auch nur dann, wenn die Flamme ungehindert neben demselben nach oben vordringen kann. Decken, in denen Balken dicht an Balken liegt und bei denen die Fugen zwischen denselben durch hölzerne Dübel geschlossen werden, haben sich durchaus feuersicher gezeigt.

Es gibt eine ganze Reihe tüchtiger Fachwerksbauten, welche durch die Jahrhunderte der Zerstörung getrotzt haben und noch selber für ihre Dauer und schlichte Anmuth sprechen. Auch auf Terrain, bei welchem häufige Senkungen vorkommen, empfiehlt v. Decken den Fachwerksbau, weil das Holz bis zu einem gewissen Grade im Stande ist, den Biegungen des Erdreiches zu folgen.

Dass der Fachwerksbau denselben, wenn nicht höheren An-

1) E. Marx, l. c. S. 226.

2) Vgl. E. Spillner, Handb. d. Architectur von Durm u. s. w. III. Theil. 6. Bd., S. 71.

sprüchen in Bezug auf die Standhaftigkeit genügt, als der Massivbau, hat sich bei den Erdbeben im Süden von Nordamerika herausgestellt, wo die oben beschriebenen amerikanischen Fachwerkbauten völlig widerstanden, während Massivbauten einstürzten.

Ueberall da, wo Holz reichlich vorhanden, die Steinpreise dagegen hohe sind, ist der Fachwerksbau am Platze. Nur muss in der oben geschilderten Weise für gut schliessende Wände Sorge getragen werden, was nach ABEL[1]) am besten durch die Ausfüllung der Fachwerke mit Lehmflechtwerk anstatt mit Ziegel oder Stein geschieht. Die Wand eines Wohnzimmers muss in erster Linie frei von Fugen sein.

„Für die einfache ländliche Baukunst gibt es nichts Anregenderes als die Holzarchitektur, welche stets mit der umgebenden Landschaft eine angenehme, harmonische Stimmung hervorbringt, die besonders noch durch die Bekleidung der Wände und Vordächer mit Wein- und Obstranken so malerisch gehoben wird.“ Die Schönheit hat auch eine hygienische Bedeutung, wie die Genussmittel bei der Nahrung. Auch für Villen und kleine Familienhäuser ist besonders für den Aufbau des oberen Geschosses der Block- oder Fachwerksbau geeignet.

„Eine bekannte Thatsache ist es, dass man in sogen. Blockhäusern Winter und Sommer sehr behaglich wohnt, und sich so wohl fühlt, weil darin immer eine gleichmässige Temperatur erhalten bleibt. Nur der Preis des starken Stammholzes kann jetzt die Ursache sein, dass man von dieser Bauart, welche so schnell und so leicht, selbst von unkünstlerischer Hand ausgeführt werden kann, abgegangen ist, obgleich sich die Haltbarkeit solcher Bauten nachweislich auf Jahrhunderte erstreckt. Die vielen Blockhäuser in der Schweiz, in Tirol, in Schottland, in Scandinavien und in Russland beweisen dies.“

Die seltene Anwendung, welche heutzutage der Blockhausbau findet, berechtigt uns, von einer näheren Schilderung dieser Bauweise abzusehen.

10. Eisenfachwerksbau.

Auch in Bezug auf den Eisenfachwerksbau können wir uns kurz fassen, da derselbe in Deutschland wenig Verbreitung gefunden hat.

Bei der Anwendung desselben zum Wohnungsbaue empfiehlt es sich, zwischen der Fachwerkswand und dem durch Anwendung von

1) ABEL, LOTHAR: Das kleine Haus mit Garten. Wien, Pest, Leipzig. Hartlebens Verlag. 1893. S. 26.

Drahtgewebe herzustellenden Putz der Innenwand einen Luftisolirraum zu lassen, welcher für die Isolirung des Innenraumes gegen die äusseren Witterungseinflüsse gute Dienste leistet.

Der Eisenfachwerksbau ist beim Publikum wenig beliebt, weil Ausschmückungen der Façaden in dem Maasse wie beim Massivbau nicht möglich sind, und weil Eisenfachwerksbau in feuchtem Klima ungünstige Wirkungen auf den dahinterliegenden Putz ausübt, Niederschläge von Condenswasser erzeugt bezw. durch Rostflecke die Wandbemalung oder Tapeten verdirbt. Die Verkleidung der Innenseite der Eisenfachwerkswand mit Holz, Gypsdielen, Rabitzwänden u. s. w., durch welche diese Uebel beseitigt werden, machen den Eisenfachwerksbau ebenso theuer, wenn nicht theurer als den Massivbau. Aber auch bei Benutzung von Gypsdielen, Monierwänden, Sprentafeln, Magnesitplatten u. s. w. als Verkleidungsmittel leiden diese Bauten an dem Mangel, dass der gewünschte Grad von architektonischer Ausbildung des Aeusseren nicht leicht zu erreichen ist.

Fig. 65.

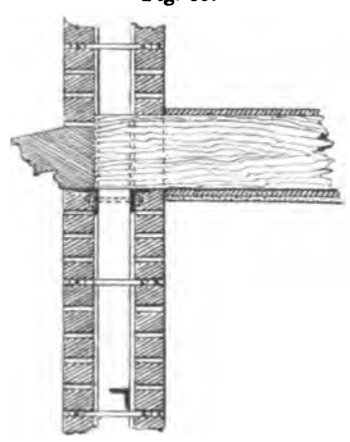
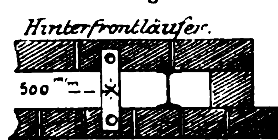


Fig. 66.



Neuerdings hat die Methode von Müller und Bedorf (Hannover) die genannten Nachtheile des Eisenfachwerkbaues beseitigt und demselben eine aussichtsreichere Zukunft eröffnet. Es wird (Fig. 65 und 66) ein Eisengerüst hergestellt, welches sämmtliche Belastungen aufnimmt. Die Aussen- und Innenseite des Gerüstes wird verblendet, so dass ein Hohlraum zwischen den beiden Verblendschichten bleibt, welche durch einzelne in die Fugen eingelegte Flachschienen (event. auch durch Bindersteine) verbunden werden. Die Flachschienen werden, damit der Mörtel eindringen kann, mit einem Loch versehen oder aufgespalten (Fig. 66). Auf diese Weise werden die ungünstigen Eigenschaften des Eisens, da dasselbe in einem trockenen Raume liegt, aufgehoben und die Ausschmückung der Façade ist wie beim Massivbau möglich. Das Eisen ist in Folge seiner Ummantelung bei ausbrechendem Feuer geschützt. Durch die zwischen den beiden Verblendungen liegende Isolirschicht wird den Anforderungen auf

Mässigung thermischer Einflüsse, Trockenheit u. s. w. entsprochen, zumal die Verblendungen besonders gut austrocknen. Raumersparniss und verringerte Belastung des Baugrundes werden als weitere Vortheile erzielt.[1])

Durch die habitations métalliques nach dem System Danly[2]) hat der Eisenfachwerksbau in neuester Zeit eine so vollkommene Ausbildung in jeder Beziehung erfahren, dass er nunmehr den weitgehendsten Anforderungen, namentlich auch den hygienischen (einige wenige ausgenommen) entsprechen dürfte. Die Etablissements von Hautmont (Nord) haben nicht nur eiserne Häuser, sondern auch Schulgebäude (école supérieure de San José de Costa Rica) und ganz neuerdings auch eine Kirche für die Compagnie des Mines de Lens (Pas de Calais) nach diesem specifischen, bisher noch nicht angewendeten System hergestellt.

Bisher bestanden die eisernen Häuser, welche in Frankreich construirt wurden, aus einem Eisengerippe, welches wie das Holzfachwerk verbunden und hinter einer Verkleidung aus Wellblech verborgen war. Das Gerippe war so stark berechnet, dass dasselbe den grösstmöglichen in Betracht kommenden Belastungen gewachsen war und die Verkleidung war zur Vermehrung der Festigkeit gar nicht verwerthet. In Folge davon waren diese Häuser sehr schwer und theuer, ihr Ansehen war unschön, sie waren sehr kalt im Winter, unerträglich heiss im Sommer und die namentlich im Winter eintretende Condenswasser-Bildung an den Innenflächen verlieh ihnen ein unsauberes und unwohnliches Aussehen. Sie wurden deshalb auch nur ganz vereinzelt und nur da ausgeführt, wo ihre grossen Mängel und Nachtheile gegenüber dem Backstein- oder Holzfachwerksbau unbekannt waren.

Die neue Construction geht von einer ganz anderen Idee aus; denn alle Constructionstheile tragen zur allgemeinen Festigkeit bei, was zur Folge hat, dass das Gewicht und somit auch die Kosten wesentlich reducirt werden. Man gibt dem Eisenblech schöne architektonische Formen, sowie passende Decoration und die Innenräume der Häuser sollen unabhängig von den Schwankungen der äusseren Temperatur werden (?). Dies wird auf folgende Weise erreicht: Die Wände sind doppelt, 16—50 Cm. von einander entfernt und in eine grössere Anzahl von geschlossenen Hohlschichten getheilt. Diese Hohlräume sind einerseits durch Eisenblechtafeln von geringer Dicke

---

1) Nach: Deutsche Bauzeitung 1892, S. 479.

2) Vauthier, A., Les habitations métalliques Système Danly. Le Génie civil 1893, S. 409.

gebildet, die sich in den beiden Wänden gegenüberstehen und andererseits durch grosse horizontale Eisenplatten, welche die Hohlschichten von einander trennen und die Tafeln verankern. Kleine, zwischen die Fugen gelegte T-Eisen maskiren die letzteren vollkommen und tragen dazu bei, die beiden Wände zu versteifen. Der Verband des Ganzen wird durch verdeckte Bolzen erzielt, so dass das Gebäude sehr leicht zerlegbar ist. Die kistenartige Form und die Anwendung von Wellblech bedingt die grosse Widerstandsfähigkeit dieser Wände, welche die durch mehrere Stockwerke verursachte Belastung vortrefflich ertragen. Die grossen Zwischenräume zwischen den Doppelwänden und die Durchlüftung derselben, welche sehr leicht ausführbar ist, verhindert die Transmission der äusseren Hitze in die Zimmer. Andererseits wird durch Abstellung der Hohlraum-Durchlüftung eine grosse Menge Luft eingeschlossen, welche in Folge ihres schlechten Wärmeleitungsvermögens als Isolirschicht wirkt und das Eindringen der Kälte von Aussen ausserordentlich erschwert. Selbstverständlich kann bei Sistirung der Hohlraum-Durchlüftung die davon unabhängige, durch besondere Eisenblechcanäle bewirkte Zimmerventilation in Function bleiben.

Durch eine vervollkommnete Methode, das Eisenblech mit Ausbauchungen zu versehen, welche den Zweck haben, das Eisenblech zu versteifen, werden zugleich entsprechende architektonische Formen und Decorationen, wie man sie beim Steinbau anwendet, erzielt und diese Formen haben den weiteren Zweck, die Wirkungen der Volumänderung (Ausdehnung und Zusammenziehung des Metalls) aufzuheben.

Durch den Anstrich der ausgebauchten Platten kann man bei wenig Kosten die verschiedensten Effecte erzielen.

Für die Haltbarkeit der Gebäude gibt schon der Umstand eine gewisse Garantie, dass das Stanzen des Eisenblechs Material von bester Qualität erfordert. Ausserdem werden aber alle der Einwirkung der Luft ausgesetzten Eisentheile galvanisirt und mit einem Anstrich versehen, wodurch das Rosten verhütet ist. Das Auswechseln etwa defect gewordener Platten ist übrigens sehr leicht möglich, ohne dass benachbarte Platten verändert oder verlegt werden müssen.

Eine wesentliche Vervollkommnung der neuen Eisenhäuser gegenüber den bisherigen besteht darin, dass das Anbringen von Einrichtungsgegenständen, wie Vorhänge, Bilder, Consolen u. s. w. an den Wänden ohne Schwierigkeiten möglich ist vermittelst specieller, sehr einfacher Vorrichtungen, welche viel fester sind und bequemer functioniren, als in die Wand getriebene Nägel. Als weiterer Vortheil

wird angeführt, dass Gerüste beim Bauen überflüssig sind; statt derselben benutzt man leichte eiserne Consolen, die sich in einfacher Weise an den Eisenwänden befestigen lassen.

Dass die Ventilation der Wohnräume sehr leicht zu bewerkstelligen ist, liegt auf der Hand und ebenso sind die Hohlräume zur Aufnahme von Heizröhren, elektrischen Leitungen u. s. w. sehr geeignet.

Die Häuser sind feuersicher und nach einem bekannten physikalischen Gesetz gegen Blitzschlag geschützt.

Vauthier gibt an, dass man im Winter durch die Heizung sehr rasch erhöhte Temperaturen erziele und gegen den Einwand, dass die Heizung sehr viel Brennmaterial erfordere, führt er die Berechnungen Peclets an, nach welchen im Winter die Wärmemenge, welche eine Mauer von 40 Cm. Dicke durchdringt, per □meter und Stunde (bei einer Durchschnittstemperatur von 6° aussen und 15° innen) 17,85 betrage, während diese Zahl bei Hohlwänden auf 8,26 sinkt. Diese Zahlen wären im vorliegenden Falle nur dann zutreffend, wenn man es mit vollkommen dicht schliessenden Mauern und mit ruhenden Luftschichten zu thun hätte, was vorläufig noch nicht der Fall ist. Es bleiben somit begründete Bedenken in Bezug auf die Wärmeökonomie und Behaglichkeit dieser eisernen Häuser im Winter bestehen. Es wird nöthig sein, durch messende Beobachtungen den Heizmaterialverbrauch im Winter festzustellen und zu entscheiden, ob die Anwendung einer Luftschichte zwischen den Eisenwänden wirklich alle Unzukömmlichkeiten beseitigt, welche nach v. Pettenkofer und Trelat die impermeablen Mauern verursachen. Dagegen scheint durch die neue Construction eine grosse Calamität der Wohnräume eiserner Häuser beseitigt zu sein, nämlich die unerträgliche Hitze derselben im Sommer, vorausgesetzt, dass für stete Durchlüftung der Hohlräume mit kühler Luft (wie S. 137 angegeben) Sorge getragen wird.

Die mit selbstregistrirenden Thermometern aufgenommenen Temperaturcurven, welche dem Bericht Vauthier's beigegeben sind, zeigen nämlich in der That, dass bei der stärksten Hitze, wenn die Temperatur in gewöhnlichen aus Mauerwerk aufgeführten Bauten der im Schatten gemessenen gleichkommt, in den eisernen Häusern eine um 4—5° niedrigere Temperatur herrscht. Während die im Schatten gemessene Temperatur der freien Luft 30° erreichte, stieg dieselbe in den Innenräumen nicht über 25°. Das System Danly repräsentirt somit unzweifelhaft einen wesentlichen Fortschritt und die Anwendung desselben dürfte, wie der Eisenfachwerksbau überhaupt, unter folgenden Umständen in Betracht kommen:

1. In Ländern, wo häufig Erdbeben vorkommen und an Orten, in welchen Bodensenkungen zu befürchten sind (Umgebung von Bergwerken u. s. w.).

2. Wenn kein Fundament gelegt werden soll, da die Eisenhäuser direct auf einem Boden von mittlerer Tragfähigkeit errichtet werden können.

3. Wenn dasselbe Gebäude voraussichtlich an verschiedenen Orten zur Aufstellung gelangen soll (Colonien u. s. w.), da diese Häuser zerlegbar und leicht zu transportiren sind.

4. Für Villen oder andere Gebäude, welche nur im Sommer benutzt werden.

5. Wenn während des Winters gebaut und das Haus innerhalb 3—4 Wochen bezogen werden muss.

6. Hat man die Eisenconstruction (System DANLY) für Krankenhäuser empfohlen, weil in denselben nirgends die Möglichkeit für die Entwickelung von Bacterien gegeben und die grösste Salubrität durchführbar sei.

Unter den verschiedenen Eisenfachwerks-Constructionen verdient das sogen. Isothermal-System HEILEMANN's [1]) ganz besonders die Beachtung des Hygienikers, weil sich die nach diesem System erbauten Häuser vortrefflich bewähren sollen und weil durch dieses System die Resultate der experimentellen Untersuchungen über die Methoden zur Erzielung vollkommen abgeschlossener, isolirender Luftschichten in consequenter und rationeller Weise verwerthet wurden.

Das Wesentliche dieser Bauweise besteht darin, dass das Eisen mit mehreren anderen Baustoffen in einer Art und Weise in Verbindung gebracht wird, welche namentlich der Verschiedenheit der specifischen Wärme und dem Wärmeleitungsvermögen derselben so weit als möglich entspricht.

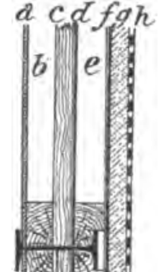
Das erste nach dem „Isothermal-System" hergestellte Wohnhaus befindet sich in Weissensee bei Berlin.

Die Innenwände werden aus Ziegeln hergestellt, während der Eisenbau auf die Umfassungswände, Decken und event. Dächer beschränkt bleibt. Das Gerippe der Aussenwände besteht aus I-Eisenständern, die durch wagrechte L-Eisen verbunden sind (Fig. 66a), und aus Holzeinlagen, die zur Befestigung der schlecht wärmeleitenden Schichten dienen. Die Wände sind 15 Cm. dick und bestehen aus nicht weniger als 5 sogenannten Schichten, nämlich aus dem äusseren Eisenmantel *a*, einer 30 Mm. starken Luftschichte *b*, einer Bretter-

1) Eiserne Wohnhäuser. Deutsche Bauzeitung 1889, S. 503.

wand *c*, welche mit einer Papierfilzschichte *d* überzogen ist, einer zweiten, inneren, ebenfalls 30 Mm. dicken Luftschichte *e*, worauf eine 25 Mm. dicke Isolirplatte *g* folgt, die vorzugsweise aus Infusorienerde besteht und aussen mit Papierfilz *f*, innen mit einer Asbestschicht *h* überzogen ist, so dass auf dieselbe unmittelbar die Tapete aufgeklebt werden kann. Die I-Eisen sind, wie Fig. 66 a zeigt, von der Isolirplatte durch einen besonderen Luftraum getrennt, um die directe Durchleitung der Aussentemperatur zu verhindern. Die äussere Luftschicht mündet nach oben offen in den Bodenraum und soll durch Abluftcanäle an der Zimmerdecke mit den Wohnräumen in Verbindung gebracht und so zur Lüftung der letzteren benützt werden. In dem Capitel „Lüftung des Wohnhauses" wird jedoch gezeigt, dass die Anordnung von Abluftcanälen an der Zimmerdecke in den meisten Fällen unrationell ist und dass dieselben besser in der Nähe des Fussbodens angebracht werden.

Fig. 66 a.



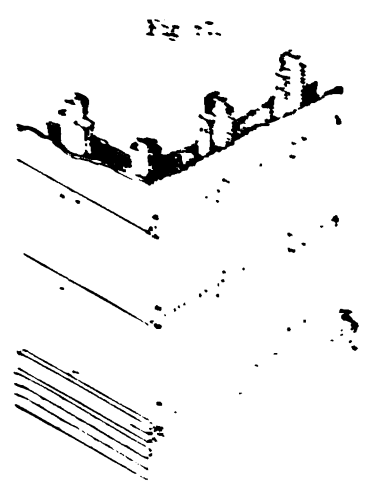
Auf Grund der in einem späteren Capitel („Dach") zu besprechenden Untersuchungen GRÜNZWEIG's über die beträchtliche Verminderung der Wärmeleitung, welche durch vollkommen abgeschlossene Luftschichten zu erzielen ist, kann man a priori sagen, dass in diesem, nach dem Isothermal-System erbauten Wohnhäusern, die Wärmeökonomie sich sehr günstig gestalten wird. GRÜNZWEIG hat gezeigt, dass es gelingt, durch Ueberziehen von Holzwänden mit Papier oder ähnlichen Stoffen genügend dicht abgeschlossene Lufträume zu erzielen. Dabei ist aber eine sorgfältige Arbeit nöthig und es dürfte sich namentlich empfehlen, stets mehrere Papierlagen anzuwenden, die ähnlich wie beim Holzcementdach zu verbinden sind. Solche gut abgeschlossene Lufträume haben ein sehr geringes Wärmeleitungsvermögen und der Wohnhausbau sieht einer grossen Vervollkommnung entgegen, wenn von der Anwendung solcher isolirender Luftschichten unter Beachtung der durch das Experiment ermittelten Bedingungen möglichst vielseitig Gebrauch gemacht wird.

Dass aber die Hygiene Anlass hat sich zu beeilen, den Fortschritten der von ihrem conservativen Standpunkt endlich einmal abgedrängten Hochbaukunde zu folgen, zeigt der Umstand, dass bis jetzt keine hygienischen Untersuchungen über den Werth dieses Systems und der vorausgehend besprochenen vorliegen, was um so mehr zu bedauern ist, als diese leicht transport- und erweiterungs-

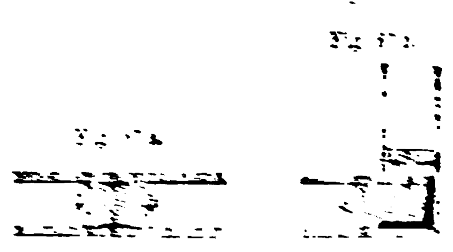
fähigen Häuser für unsere frisch aufstrebenden Colonien im tropischen Afrika, als Mittel, den schädlichen Einflüssen des Klimas zu begegnen, von grossem Werth sein dürften.

11. Wände aus Holz- oder Eisenfachwerk mit künstlichen Steinplatten.

Das Bedürfniss, Wohngebäude in kürzester Frist zu errichten und sofort bewohnbar zu machen, hat zur Erfindung neuer hierzu geeigneter künstlicher Baumaterialien: Beton-, Magnesit-, Xylolithplatten, Korksteine u. s. w. geführt, welche namentlich zur Herstellung provisorischer, transportabler und feuersicherer Gebäude vorzüglich geeignet und im Kriege, auf Colonien, bei grossen Bau-Unternehmungen (Canalbauten u. s. w.) von grossem Werthe sind.



Die Magnesit-Bauplatten, deren Zusammensetzung Fabrikgeheimniss ist, bestehen, soweit dies ermittelt werden konnte, aus einer Einlage von [illegible] Jute, welche beiderseitig mit einer Mischung von [illegible] verschiedenen anderen Körpern und Sägemehl bekleidet sind. Die Oberfläche [illegible] und fast marmorähnliche Textur. Die Farbe ist [illegible] oder der des Holzes ähnlich.



Die Platten, welche nicht brennen und nicht flammen[illegible], also feuersicher sind, werden in der Dicke von [illegible] Cm. von 1 × 1 und [illegible] Meter Fläche hergestellt. [illegible] Magnesiaplatten wiegt je nach obigen [illegible] Kg. [illegible]. Die Wasser[illegible] Gewichtsprocent, so dass [illegible] etwa [illegible] in lufttrockenem Zustand [illegible] Kg. für 1 qcm. er[illegible], sie lassen sich wie [illegible].

Zur Herstellung der Magnesitwand ist ein Gerüst, d. h. Holz- oder Eisenfachwerk nöthig, an welches die Platten angeschraubt werden.

Das Eisenfachwerk, welches mit Magnesitplatten verkleidet werden soll, besteht aus I-Eisen, die, wie Fig. 67 und 67a und b zeigt, beiderseits mit Holzfutter versehen sind, an welchem die Platten angeschraubt werden. Dieselben sind an den Kanten mit Falzen versehen, um die Fugen zu decken, die ausserdem mit einem Kitt aus Cement, Gyps oder Wasserglas mit Kreide gedichtet werden. Nach Aussen kommt eine 20 Mm., nach Innen eine 12 Mm. starke Platte, der Zwischenraum bleibt in der Regel hohl. Die vollkommen geraden Platten bedürfen keines Putzes und können, wenn sie trocken am Bestimmungsorte anlangen, sofort angestrichen oder tapezirt werden.

Der Wärmeschutz, den sie in Folge ihres schlechten Wärmeleitungsvermögens und der ruhenden Luftschichte zwischen den Wänden bieten, die Transportfähigkeit und leichte Aufstellungsweise machen sie für coloniale Zwecke ganz besonders geeignet, zumal auch die Beständigkeit gegen Witterungseinflüsse nach Festigkeits- und Frostbeständigkeitsversuchen eine günstige ist.

Eine sehr beachtenswerthe Bereicherung haben Bautechnik und Hygiene durch das vom Ingenieur Cohnfeld in Dresden erfundene Xylolith erfahren, welches aus einer teigähnlichen Mischung von 24 Procent Sägemehl, gebrannter, feingemahlener Magnesia, basischem Chlormagnesium und Wasser in Pressen unter hohem Druck in Platten hergestellt wird, eine sehr gefällige, gelbliche, bräunliche oder graue Färbung und ein durchaus gleichförmiges, dichtes, körnig-schuppiges Gefüge zeigt. Die Zerreissfähigkeit beträgt 251 Kg., die Zerdrückungsfestigkeit 854 Kg. für 1 □cm. und das specifische Gewicht 1,55. Die Wassercapacität (nach 216 Stunden langem Liegen im Wasser) beträgt 3,8 Procent, das Porenvolum also 5,9 Procent. Die Permeabilität ist, wie ich vermittelst des Differentialmanometers (vgl. S. 87) constatirte, für geringe Drucke gleich Null. Das Material lässt sich sägen, hobeln, feilen, schrauben und bohren. Eine werthvolle Eigenschaft ist die geringe Empfindlichkeit der Platten gegen Feuchtigkeit und Wärmewechsel, so dass sie auch die Erscheinungen des Schwindens, Quellens und Werfens nicht oder doch nur in sehr geringem Grade zeigen. Sie sind widerstandsfähiger gegen Abnutzung (durch Begehen, Befahren u. s. w.) als das härteste Holz, sowie unverbrennlich und isoliren die von ihnen umschlossenen Materialien gegen das Feuer.

II. Die Zwischendecken (Fehlboden) des Wohnhauses.

Unter der Bezeichnung Fehlboden- oder Zwischendecken-Füllung des Wohnhauses versteht man bekanntlich die bedeutenden Boden- oder Schuttmassen, welche zwischen dem Plafond der unteren Räume und den Zimmerboden-Dielen der nächst höheren Etage eingeschlossen sind. Die Fussboden-Dielen schliessen nur selten vollkommen dicht. Durch den beständigen Wechsel zwischen Durchfeuchtung und Austrocknung entstehen bekanntlich, in der Längsrichtung zwischen zwei neben einander liegenden Dielen, mehr oder weniger weit klaffende Fugen.

Ein Theil der im Zimmer ausgegossenen Flüssigkeiten und des zum Aufwaschen des Fussbodens verwendeten Wassers werden in Folge dessen versickern und in den Fehlboden eindringen.

Da alle Substanzen, welche in diesen Flüssigkeiten gelöst waren, nach dem Verdunsten des Wassers in den Deckenfüllungen zurückbleiben, ebenso wie die suspendirten mineralischen, organischen und unorganischen Stoffe, die mit hinabgeschwemmt wurden, da weiterhin Staub, welcher im Zimmer erzeugt wird oder durch die geöffneten Fenster eindringt, und in der wenig bewegten Wohnungsluft sich zu Boden senkt, da Strassendetritus, der, den Schuhen anhaftend, in das Zimmer getragen wird und auf dem Fussboden austrocknet, da alle diese staub- und pulverförmigen Substanzen und mit ihnen möglicher Weise auch pathogene Bacterien — mögen sie nun mit diarrhöischen Fäces oder im Speichel auf dem Fussboden austrocknen, oder sonst in der Luft vorkommen — in die Zwischendecken gerathen müssen, auch ohne Mithilfe des Wassers, lediglich in Folge der durch das Gehen erzeugten Erschütterungen des Fussbodens, so kann sich die Verunreinigung und Infection des Füllmaterials mit der Zeit zu einer ganz exorbitanten gestalten.

Die Zwischendecken stellen deshalb ein Reservoir dar, in welchem sich der ins Zimmer gebrachte, oder darin erzeugte Schmutz vieler Generationen ansammelt und in Folge dessen beherbergen die meisten Wohnhäuser in der Stadt oder auf dem Lande, Paläste wie Hütten, Centner von Schmutz, d. h. fäulnissfähigen, organischen Stoffen, von deren Vorhandensein die wenigsten Menschen eine Ahnung haben.

Die organischen Stoffe dieses oft sehr ekelhaften Materials können Fäulnissbacterien und wohl auch pathogene Mikroben zur Nahrung dienen, so dass bei periodischer Durchfeuchtung eine massenhafte

Vermehrung der letzteren und damit die Bildung übelriechender Gase und von Infectionsherden zu Stande kommen kann. Viele epidemiologische Thatsachen haben denn auch die causale Bedeutung der Zwischendecken bei der Entstehung von ectogenen Infectionskrankheiten wahrscheinlich gemacht. Da wir nun der Einwirkung der Zwischendecken-Füllung unmittelbar und fortwährend in unseren Wohnräumen ausgesetzt sind, so ist es klar, dass die Sorgfalt, welche reinliche, auf ihr körperliches Wohl bedachte Bewohner auf die hygienischen Verhältnisse des Hauses verwenden, nutzlos sein wird, so lange sich in der Zwischendecken-Füllung aller Schmutz, welcher durch die früheren Bewohner des Hauses auf den Fussboden gelangte, ansammeln und von Generation zu Generation vermehren kann.

Nachdem ich im Jahre 1882[1]) auf diese, mit den allgemein gebräuchlichen Zwischendecken-Constructionen verbundenen Missstände aufmerksam gemacht hatte, kam man zur Einsicht, dass diesen Zuständen im Interesse des allgemeinen Wohles eine Ende gemacht werden müsse, was erfreulicher Weise eine grosse für die Salubrität und Gesundheit des Hauses bedeutungsvolle Umwälzung auf diesem Gebiet der Baukunde zur Folge hatte. Aber es ist wohl zu bedenken, dass sich gegen diese Gefahren, die uns selbst in der scheinbar reinlichsten Wohnung bedrohen können, der Einzelne nicht zu schützen vermag. Die Verhütung derselben ist nur durch geeignete Baugesetze und die sachverständige Controle der Bauausführung zu erwarten.

1. *Construction und Zweck der Zwischendecken und des Fehlbodens.*

Um den Zweck und die Function der Zwischendecken vom sanitären Standpunkte aus zu übersehen, muss man vor allem die Construction und die verschiedenen Modificationen derselben in Betracht ziehen. Da es ausserdem wünschenswerth ist, dass in Zukunft von Seiten der Aerzte Beobachtungen darüber angestellt werden, ob bei gewissen Zwischendecken-Constructionen epidemische Krankheiten häufiger auftreten und ob die Entstehung derselben durch bestimmte Modificationen der Construction verhütet werden kann, so dürfte eine kurze Beschreibung der üblichen Deckenconstruction angezeigt erscheinen.

---

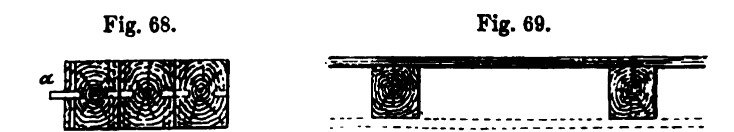
1) Rud. Emmerich: Die Verunreinigung der Zwischendecken unserer Wohnräume in ihrer Beziehung zu den ectogenen Infectionskrankheiten. Zeitschr. f. Biologie. XVIII. S. 253—382.

Eine einfache, aber nur in holzreichen Gegenden, z. B. in Wien, gebräuchliche Decke entsteht dadurch, dass Balken an Balken ohne Zwischenraum gelegt wird. Diese Art Decken, deren Querschnitt Fig. 68 zeigt, nennt man Dübel oder Dippeldecken. Um hierbei das Einbiegen der einzelnen Balken (Dippelbäume) zu verhüten, setzt man in Abständen von 1—1½ Meter sogen. Dübel *a* aus hartem Holze in die Balken ein und verbindet je zwei Balken durch die von oben eingetriebenen Holznägel.

Die zweite Art Decken, bei denen die Balken in gewissen Abständen (ca. 1 Meter von Mitte zu Mitte entfernt) liegen, nennt man Sturzdecken (Stülpdecken, Tramdecken); dieselben werden jetzt ziemlich oft verwendet.

Die einfachste, aber auch unvollkommenste Art einer solchen Decke wird nach Fig. 69 aus Balken mit einem darauf genagelten Fussboden aus 2—4 Cm. starken Brettern gebildet, wobei die Balken,

Fig. 68. Fig. 69.



je nach Stärke der Fussbodenbretter 0,6—1,2 Meter von Mitte zu Mitte entfernt gelegt werden.

Die wegen ihrer guten Gesundheitsverhältnisse berühmte Salzstadelkaserne in München hatte eine solche Decke. Trotzdem Parterre und 1. Etage mit Mannschaft dicht belegt waren, kam in dieser Kaserne Typhus nie epidemisch vor und auch im Uebrigen waren die Gesundheitsverhältnisse immer sehr gute. Ob der Grund hiervon wirklich in dem Fehlen von Zwischendecken liegt, ist schwer zu entscheiden. Immerhin ist dieser Fall der Beachtung werth und es dürfte sich der Mühe lohnen, Untersuchungen über die Gesundheitsverhältnisse in Wohngebäuden mit ähnlichen primitiven Zimmerdecken anzustellen.

Diese Decke ist aus dem Grunde unvollkommen, weil sie die warme oder kalte Luft des unterliegenden Raumes durchlässt und weil der Schall durch dieselbe so leicht fortgepflanzt wird, dass alle Bewegungen auf dem oberen Fussboden unten zu hören sind. Der letztere Uebelstand wird noch verstärkt, wenn man die untere Seite der Balken, wie in Fig. 69 punktirt angedeutet, verschalt, berohrt und verputzt, indem dann der hohle Raum zwischen den Balken als

Resonanzkasten wirkt. Solche Decken haben endlich noch in hygienischer Beziehung den Nachtheil, dass sie mit der Zeit durch Staub und Schmutz ausgefüllt werden und bei Durchfeuchtung, wie weiter unten gezeigt wird, einen unausstehlichen Gestank entwickeln können. Zur Beseitigung dieser Uebelstände, namentlich zur Dämpfung des Schalles, werden die hohlen Räume zwischen den Balken ganz oder theilweise ausgefüllt und zwar mit solchen Materialien, die schlechte Wärmeleiter sind, wie Lehm, Bauschutt, Coaks-, Kohlenasche u. s. w.

Zum Tragen der Ausfüllung dienen Stangen und Bretter, welche man auf die Balken auflegt oder zwischen dieselben einschiebt; in letzterem, dem gewöhnlichem Falle, greifen die Bretter entweder in Nuthen ein, wie in Fig. 73 am Balken *A*, oder sie ruhen auf angenagelten Latten *D*, wie in Fig. 73 *D*. Bei der älteren Art dieser Decken, den sogen. Windelböden (Fig. 71 und 72, Wickel- oder

Fig. 70.

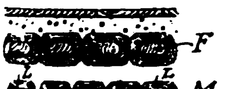
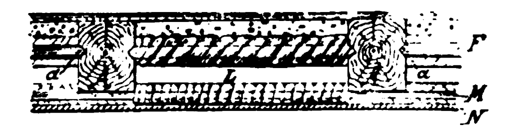


Fig. 71.

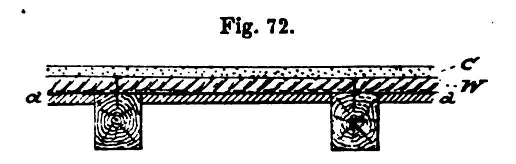


Wellerböden) werden runde oder gespaltene Stangen (Wickelhölzer) *F* mit einem aus Stroh und Lehm hergestellten, zähen Mörtel (Strohlehm, Fig. 70 und 71, *L*) umwickelt und in den Führungsschlitz *a* des Etagenbalkens dicht an einander gepresst. Auf diesem ruht die Füllung *C*. Wenn nämlich der Strohlehm trocken ist, wird der noch übrige Raum mit naturfeuchtem Lehm oder mit Bauschutt und dgl. bis dicht unter den Fussboden vollkommen ausgefüllt. *M* sind die bei der „Verlättelung" im Gegensatz zur „Verohrung" angewandten Decklatten, welche mit Zwischenräumen unter den Balken *A* hinlaufen; auf sie wird Strohlehm *L* gebreitet, derselbe unten verstrichen und mit Deckenputz *N* versehen. Wird der Windelboden in der beschriebenen Weise ausgeführt, so nennt man ihn halben Windelboden. Beim ganzen Windelboden werden die Falze für die Wickelhölzer (Staken) nur 5 Cm. von der Unterkante der Balken entfernt eingehobelt und nachdem die mit Strohlehm umwickelten Staken angebracht sind, wird auch noch der untere Raum zwischen den Balken mit Lehm ausgeklebt, so dass also in der ganzen Decke kein Hohlraum vorhanden ist.

Diese Decken sind zwar sehr warm und vorzügliche Isolatoren für Wärme, sie werden aber ihres grossen Gewichtes wegen nur selten zur Ausführung gebracht.

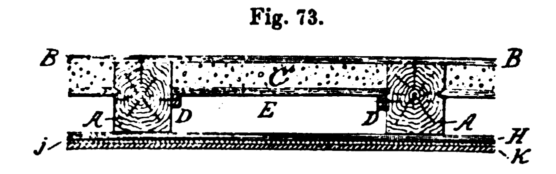
Der gestreckte Windelboden, welcher in Fig. 72 im Längsschnitt dargestellt ist, wird nur bei einfachen Gebäuden angewendet; bei demselben legt man die 5—7 Cm. starken, mit Strohlehm umwickelten Stangen *w* dicht neben einander und nagelt sie auf den Balken fest. Hierüber wird ein etwa 3—5 Cm. hoher Estrich *c* aus

Fig. 72.



Lehm, mit Gerberlohe oder geschnittenem Stroh gemischt, ausgebreitet, der als Fussboden der oberen Räume dienen kann. Die Fläche *a* unter den Windeln wird mit Lehm glatt gestrichen oder noch mit Brettern verschalt. Der gestreckte Windelboden wurde hier kurz beschrieben, weil es auf dem Lande noch viele Häuser mit solchem Boden gibt und weil es von Wichtigkeit wäre, wenn

Fig. 73.



die Landärzte ihre Erfahrungen über das Verhalten solcher Wohnräume den ectogenen Infectionskrankheiten gegenüber mittheilen würden.

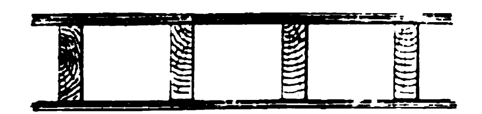
Die heutzutage in Deutschland allgemein übliche Construction der Decken und Zwischendecken ist die Balkendecke mit Bretteinschub (Fig. 73). Der letztere wird entweder durch seitwärts an die parallel liegenden Balken *A* angenagelte Bretter *D* oder in dreieckigen, ausgehauenen Nuthen zwischen den Etagenbalken befestigt.

Diese Bretterverschalung *E*, deren Fugen bei nicht gespundeten, sondern nur überschobenen Brettern von oben gewöhnlich mit Lehm verstrichen werden, trägt die Fehlboden-Füllung *C*, welche vorzugs-

weise von hygienischem Interesse ist. Darüber kommt der an den Balken befestigte Fussbodenbelag *B* (Bohlen, Dielen u. s. w.). Durch die unter den Etagenbalken *A* hinlaufende Verschalung *H* wird ein zweiter Hohlraum gebildet, der als Resonanzkasten wirken kann und den Schall verstärkt; weshalb derselbe mit Recht bei neuen Deckenconstructionen vermieden wird. An der Verschalung *H* wird schliesslich noch eine Verrohrungsschichte *J* (aus Schilfrohr, Schilfmatten) befestigt, an welcher der Deckenputz *K* besser haftet. Der letztere wird geweisselt, vergypst, bemalt oder mit Stuckornamenten u. s. w. versehen und bildet so den Plafond des unteren Raumes.

Die amerikanischen Zwischendecken[1]) werden aus Bohlen hergestellt, die 0,4—0,6 Meter entfernt liegen, im untersten Stock 0,27, dann 0,24 und im 3. Geschoss 0,21 Meter hoch sind und ⅓ der Höhe zur Breite haben (Fig. 74). Diese hochkantig gestellten

Fig. 74.



Bohlen oder Bretter haben den Vortheil, dass sie mehr tragen, als flach liegende. Ein Einschub oder Fehldecke wird bei amerikanischen Decken nicht angewendet. Statt der in Deutschland üblichen Decken-Verschalung mit 2 Cm. starken Brettern werden in Amerika 1,2 Meter lange und nur 0,5—0,8 Cm. starke, 2—3 Cm. breite Leisten mit einer 1 Cm. weiten Entfernung an die untere Seite der Bohlen genagelt und direct an diese der Mörtel angeworfen. Der dazu verwendete, reichlich mit Gyps gemischte Kalkmörtel füllt nicht allein die Leistenfugen vollständig aus, er umklammert ausserdem noch theilweise die obere Fläche dieser Leisten. Letztere werden nicht behobelt, sondern bleiben an allen Seiten rauh, damit der Mörtel besser haftet.

Diese Deckenbekleidung, welche nicht schwindet und sich nicht werfen kann, weil die Befestigung der schmalen Leisten auf sehr kleine Entfernungen (40 Cm.) geschieht, werden weder rissig noch uneben und sind desshalb dauerhafter, ausserdem billiger und viel rascher herzustellen, als der in Deutschland übliche Rohrputz. Die Decken trocknen auch sehr rasch aus, während die in Deutschland übliche Füllung ein grosses Wasserreservoir darstellt, dass das Austrocknen der Neubauten erheblich verzögert.

---

1) Meinert, H., Das städtische Wohnhaus der Zukunft. Stuttgart. Verlag von W. Thiele. 1879. S. 21.

Da die Bohlen in den Zwischendecken gewöhnlich nur 40 Cm. entfernt liegen, können sehr dünne Fussbodenbretter verwendet werden, indem sich dieselben alsdann nur auf 30—33 Cm. freitragen. Die Fussbodenbretter sind selten breiter als 10 Cm., bisweilen nur halb so breit, in Stärken von 20—22 Mm. verlegt, fast immer genuthet und gefedert, aber ziemlich rauh belassen, da der Fussboden im Winter wie im Sommer mit einem Teppich belegt ist.

Das Gewicht des Holzwerkes für eine Decke von 12 auf 7 Meter beträgt bei der Balkendecke 8799 Kg., bei der Bohlendecke 4020 Kg. Es erfordert somit die Balkendecke 2¹/₅ mal so viel Holz, als die Bohlendecke bei gleicher Tragfähigkeit. Nimmt man einen Normalpreis für beide Decken an, so ergibt sich unter Berücksichtigung des für beide verschiedenen Arbeitslohnes bei der Bohlendecke obiger Grösse eine Ersparniss von 822 Mark 40 Pfennige. Der Amerikaner zahlt für 1 □meter Zwischendecke 11,17 Mark, der Deutsche 20,92 Mark.

Diese amerikanischen Zwischendecken haben den deutschen gegenüber somit unzweifelhaft gewisse Vortheile und in der später erwähnten verbesserten Construction dürften sie für billige Arbeiter- und Familienhäuser wohl zu empfehlen sein.

So wie sie in Amerika und auch in England construirt sind, können sie aber erhebliche Unannehmlichkeiten und wohl auch ernste Gefahren für die Gesundheit veranlassen.

In dem Hohlraume zwischen den Fussbodendielen und den Leisten der Zimmerdecke sammelt sich nämlich mit der Zeit eine aus feinstem Staub bestehende Schmutzmasse an, die bei Durchfeuchtung einen entsetzlichen Geruch nach hochgradig faulen Thierkadavern entwickelt. Mitunter bleibt auch bei uns in Deutschland eine grössere oder kleinere Partie der Zwischendecke aus Versehen ohne Füllung und dann tritt das Gleiche ein. Der beim Aufwaschen des Fussbodens entstehende stinkende Fäulnissgeruch veranlasst dann gewöhnlich die Bewohner nach todten Ratten oder Mäusen im Fehlboden Umschau zu halten, bei welcher Gelegenheit dann die erwähnte Entdeckung gemacht wird. Einige, ja selbst eine grössere Anzahl von Mäusekadavern in den Zwischendecken-Füllungen vermögen einen so starken Gestank, wie er von solchen Schmutzdepots ausgeht, nicht zu erzeugen. In solchen öfters vorkommenden Fällen wird man, wie ich aus Erfahrung weiss, selten irre gehen, wenn man auf das Vorhandensein einer solchen Schmutzansammlung hinweist.

In einem Hause der Burgstrassse in Leipzig war an einer Stelle des Corridors von 4 Meter Länge und 1,5 Meter Breite in der Nähe

des Abortes der Fehlbodenraum bei Erbauung des Hauses nicht ausgefüllt worden. Zwischen den Stackhölzern und den Fussbodendielen war also ursprünglich ein freier Raum von 1,2 Cbm. vorhanden. Derselbe hatte sich im Laufe der Jahrzehnte mit der erwähnten festverfilzten Staub- und Schmutzmasse ausgefüllt, deren Analyse im Vergleich zum Strassenschmutz folgendes Resultat (No. 4) ergab. Die in No. 3 und 5 gegebenen Zahlen sind durch die Untersuchung einer ähnlichen, aber dünneren Schmutzkruste gewonnen, welche sich sehr oft auf der Oberfläche der Zwischendecken-Füllungen in älteren Gebäuden befindet und namentlich nach dem Scheuern des Fussbodens einen ekelhaften, muffigen oder fauligen Geruch entwickelt.

100 Gr. trockene Substanz enthielten Gramme:

Bezeichnung der Substanzen	Asche	Glühverlust	Stickstoff	Aetherextract	Alcoholextract	Wasserextract	Kochsalz
1. Bücherstaub	48,81	51,19	1,64	2,24	2,90	12,21	0,69
2. Strassenschmutz	92,07	7,93	0,45	—	—	0,62	0,05
3. Schmutz von der Oberfläche des Fehlbodens (Grimmaischer Steinweg No. 61/0)	83,31	16,69	0,56	0,44	0,72	0,66	0,38
4. Schmutz aus dem Fehlbodenraum	84,97	15,03	0,57	0,19	0,96	3,85	1,02
5. Schmutz von der Oberfläche des Fehlbodens (Petersstrasse No. 1)	67,72	32,28	1.19	4,33	1,62	8,45	0,97

Auch auf dem internationalen Congress für Hygiene und Demographie 1891 in London theilte einer der Redner in einem Vortrage über „Aberglaube beim Hausbau“ mit, dass man im Ostend Londons den Raum in den ursprünglich ganz leeren amerikanischen Decken mit einer Schmutz- und Staubmasse ganz erfüllt gefunden habe.

2. *Beschaffenheit und Quantität der Zwischendecken-Füllungen.*

Die Abhaltung von Feuchtigkeit und deren schlimme Einflüsse auf das Holzwerk, die Rücksicht auf Feuersgefahr, die Furcht vor der Invasion des Hausschwammes und der Kostenpunkt waren bis vor Kurzem die wesentlichen Motive, von denen sich die Architekten bei Auswahl des Füllmaterials leiten liessen.

Man sucht vor Allem billige Füllstoffe zu erhalten und dasjenige Material, welches an und für sich werthlos in der Nähe der Baustelle sich findet und somit nur geringe Transportkosten verursacht, erhält gewöhnlich den Vorzug. Von den Baumeistern wird daher weitaus am häufigsten Bauschutt von im Abbruch

befindlichen alten Gebäuden als Füllmasse verwendet, zumal die älteren Lehrbücher den Bauschutt empfehlen, weil er seiner Trockenheit wegen die Schwammbildung verhüte.

Breymann sagt über das Material zu den Ausfüllungen, dass es leicht, trocken, schlecht wärmeleitend und nicht feuergefährlich sein muss. „Gewöhnlich nimmt man Bauschutt, den man durch den Abbruch alter Gebäude gewinnt und, gegen den Regen geschützt, aufbewahrt. Dieses Material ist, wenn es keine leicht faulenden Bestandtheile enthält, gut; nur wird dadurch sehr häufig die Brut von Ungeziefer, namentlich von Wanzen, gleich in das neue Gebäude übergetragen.“

Ausser dem Bauschutt kommen grober und feiner Sand, Lehm, Kohlenschlacke, Asche, Säge- und Hobelspäne, Gerberlohe, Häcksel oder Spreu zur Anwendung. Diese Stoffe bezeichnet man als gutes Füllmaterial und sie finden Verwendung, wenn der Baumeister ein Interesse daran hat, ein gesundes Haus zu bauen. Da man aber in der Regel nur billig bauen will, so werden in Folge der Unsolidität der Bauspeculanten und der Indolenz und Leichtfertigkeit der Erbauer städtischer Miethkasernen auch heute noch die unglaublichsten Dinge zur Zwischendecken-Füllung verwendet, obgleich die hierdurch veranlassten Gefahren nicht nur in fachwissenschaftlichen Zeitschriften, sondern auch in der Tagespresse oft und in eingehender Weise besprochen worden sind.

So habe ich sowohl in Leipzig, als in München beobachtet, dass sogar der Inhalt von Asche- und Kehricht-Gruben, Material von städtischen Schuttabladeplätzen, welches Knochen und in Verwesung begriffene Fleisch- oder Bindegewebs-Fetzen, Gemüsestücke, Eierschalen, Lumpen etc. enthielt, sowie andere, oft in hohem Grad mit excrementiellen Stoffen imprägnirte Schmutzmassen zur Fehlbodenfüllung verwendet wurden. Mit grosser Vorliebe benützt man auch den Fehlboden eines niedergelegten Hauses zur Ausfüllung der Zwischendecken in Neubauten.

Wenn also das Haus, welches im Laufe der Jahrhunderte durch die verschiedensten Seuchen heimgesucht wurde, endlich baufällig oder unbewohnbar geworden ist und abgebrochen wird, dann ist seine Geschichte leider immer noch nicht zu Ende. Sie beginnt einen neuen Abschnitt in einer neuen Wohnstätte, in welcher der Bauschutt und mit ihm das Fehlboden-Füllmaterial des alten Hauses zur Zwischendeckenfüllung in dem neuen Gebäude neuerdings verwendet wird. Schon der Gedanke, dass auf diese Weise der Schmutz aus grauer Vorzeit in unseren Wohnräumen aufbewahrt wird, ist

ekelerregend und die Möglichkeit, dass durch diese allgemein verbreitete Unsitte pathogene Bacterien aus alten Gebäuden in neue übertragen, angesammelt, in ihrer Wirkungsfähigkeit erhalten und fortgezüchtet werden, ist nicht zu bestreiten. Wer in die Wahrheit dieser Thatsachen einen Zweifel setzt, der möge sich die Mühe geben, dem Abbruch alter Wohngebäude vom Anfang bis zu Ende beizuwohnen und sich überzeugen, wohin der Bauschutt und die alte Fehlboden-Füllung gebracht wird, — man wird dann finden, dass auch die folgende Schilderung keinen Ausnahmefall betrifft.

Das Haus No. 16 der Burgstrasse in Leipzig, welches im Jahre 1880 abgebrochen wurde, war zu Anfang des vorigen Jahrhunderts erbaut worden. Zur Deckenfüllung ist damals, wie die Untersuchung des Fehlbodens gelegentlich des Abbruches zeigte, Bauschutt verwendet worden, der aller Wahrscheinlichkeit nach schon vorher seit Jahrhunderten in menschlichen Wohnstätten der Verunreinigung und Infection ausgesetzt war. Dasselbe Material nun, das sich seit Jahrhunderten in menschlichen Wohnungen befand und welches, wie Tabelle S. 207 zeigt, stärker mit Harnbestandtheilen und anderen häuslichen Effluvien imprägnirt ist, als der Koth auf den Strassen der Städte oder der Inhalt der Kehrichtgruben und der Boden in der Umgebung durchlässiger Abtrittsgruben und Schleussen, wurde mit dem übrigen Bauschutt des niedergelegten Hauses der Burgstrasse zur Fehlboden-Füllung in der neuerbauten Irrenanstalt verwendet.

Dieses Material wurde aber nicht in dem an und für sich schon sehr unreinen Zustand, in welchem es sich im alten Hause befand, verwendet, — es wurde, ehe es in den Neubau kam, noch weiter verunreinigt. Die bis zum Rande gefüllte Abtrittsgrube im Hause No. 16 der Burgstrasse wurde vor Abbruch des Hauses nicht geräumt, sondern mit Bauschutt gefüllt, welcher dieselbe austrocknete, indem der poröse Mörtel und die Steintrümmer sich mit Jauche imbibirten. Dieses mit Jauche vollkommen imprägnirte und mit menschlichem Koth beschmutzte Schuttgerölle wurde alsdann, mit dem übrigen Bauschutt mehr oder weniger vermengt, theils in der Irrenanstalt, theils in anderen Neubauten, zur Ausfüllung der Fehlbodenfelder verwendet. Auch beim Abbruch des Hauses No. 19 in der Peterstrasse zu Leipzig wurde auf gleiche Weise verfahren. Es ist dies ein perfides Mittel, welches die Gewinnsucht der Bauspeculanten ersonnen hat, um beim Abbruch von Häusern die Kosten für den Transport der Abtrittsjauche zu ersparen.

Man muss annehmen, dass dieser Brauch überall und in allen Städten und Gegenden, in denen die Landwirthschaft die Abtrittsjauche nicht bezahlt, zum Schaden der Gesundheit geübt wird. Wenn man bedenkt, dass in der erwähnten Weise 6 bis 10 Cbm. Abtrittsjauche in die einzelnen Zimmer eines neuerbauten Hauses vertheilt werden, dann kommt man zur Ueberzeugung, dass die Salubritätszustände der städtischen Neubauten, sehr häufig, selbst den primitivsten Anforderungen in empörendster Weise Hohn sprechen.

Nachdem der mit Jauche imprägnirte Bauschutt in die Zwischendecken der neuen Irrenanstalt eingefüllt war, schwängerte ein ekelhafter

Modergeruch die Luft der hohen Säle. Obgleich die Fenster und Thüren im Neubaue der Anstalt noch offen waren, obgleich die Luft durch die einzelnen Räume Tag und Nacht ungehindert hindurch streichen konnte, bemerkte doch Jedermann einen Gestank, der an manchen Stellen deutlich an faulenden Harn erinnerte. Man braucht sich nicht zu wundern, dass es so stank, denn es waren mit dem Fehlboden aus der Burgstrasse No. 16 circa 13 Millionen und 300,000 Grm. organische Stoffe mit 26,000 Grm. Stickstoff in den Fehlboden der Irrenanstalt gelangt, also etwa gerade soviel faulendes stickstoffhaltiges organisches Material, wie es in 200 Leichen von erwachsenen Menschen enthalten ist. Hierzu kommen aber ausserdem noch 6 bis 10 Cbm. Abtrittsjauche, welche nicht mitgerechnet wurden.

Dem Director der Anstalt gelang es auf Grund des Resultates der chemischen Analyse die Beseitigung dieses unreinen Füllmaterials aus dem Gebäude durchzusetzen.

Aber auch ohne vorherige chemische Untersuchung wird mit vollem Rechte jeder Arzt dem die Forschungsergebnisse über die Biologie der pathogenen Bacterien und die Thatsachen der Epidemiologie bekannt sind, die Verwendung derartigen Materials und von Bauschutt überhaupt zur Deckenfüllung in Neubauten, zumal gar in Krankenhäusern, als ein gefährliches und unverantwortliches Unternehmen bezeichnen.

Die besten bautechnischen Handbücher, wie z. B. das von BREGMANN haben bis vor Kurzem die Ausfüllung der Zwischendecken und Gewölbesäcke mit Bauschutt empfohlen.

Man kann jedoch kaum eine bessere Methode ersinnen, den Unrath aus menschlichen Wohnstätten und pathogene Bacterien, die Jahr aus, Jahr ein im Hause Eingang finden, in den Wohngebäuden anzusammeln und aus niedergerissenen Bauten in neue mit allen Gefahren überzuführen, als das von Grund aus verwerfliche, von Alters her gebräuchliche und überall geübte Verfahren, den Bauschutt zur Deckenfüllung zu benutzen.

Da aber der Bauschutt sehr häufig an der Baustelle in grosser Menge zur Verfügung steht und da durch seine Verwendung die Kosten für den Transport des Füllmaterials erspart werden, so hat man versucht denselben durch geeignete Behandlung (Glühen) zu sterilisiren resp. von organischen Stoffen zu befreien und man kann auf diese Weise, ohne grosse Kosten, aus dem an und für sich verwerflichen Material eine geeignete Füllmasse gewinnen.

Wenn man auch von der ursprünglichen oder allmählich eintretenden Verunreinigung des Zwischendecken-Füllmaterials absieht, so geht doch schon aus der annähernden Ermittelung der Quantität der in den Zwischendecken angehäuften Bodenmassen oder sonstigen Füllstoffe hervor, dass dieselben in hygienischer Beziehung zum Mindesten die gleiche Beachtung verdienen, wie die Mauern und sonstigen Theile des Hauses.

Die Höhe des Fehlbodens d. h. die Mächtigkeit der eingefüllten Bodenschichten etc. beträgt 8 bis 15 Cm., oft aber auch 20 und 30, ja selbst 40 und 50 Cm. Eine Lage von 50 Cm. Höhe wendet man nur ausnahmsweise in Gebäuden (Kasernen etc.) an, bei welchen man verhüten will, dass sehr laute, durch Menschen oder Maschinen etc. erzeugte Geräusche und Erschütterungen des Bodens nach den nächst höheren oder unteren Stockwerken sich fortpflanzen.

Das Product aus der Grundfläche des Zimmers und der Höhe des Fehlbodens gibt nach Abzug des Volumens der die Fehlbodenfelder begrenzenden Balken das Gesammtvolumen der Ausfüllmasse.

Die neue Irrenanstalt in Leipzig enthält z. B. bei einer Quadratfläche des Fehlbodens von 7721 □meter und einer Höhe desselben von 10 (im Souterrain 20 bis 25) Cm. 1086 Cbm. Füllmasse. Im neuen Reichspost-Gebäude zu Leipzig ist die Menge des Füllmaterials noch grösser als in der Irrenanstalt, obgleich der Reichs-Postbau nur halb so gross, oder etwas mehr als halb so gross ist als die Irrenklinik. Bei einer Fussbodenfläche von 4993,16 □meter und einer Schichthöhe von 30 Cm. im 1., 2. und 3. Geschoss und von 10 Cm. im 4. Geschoss beträgt im Reichs-Postgebäude die Gesammtquantität der Füllmasse 1236,09 Cbm. In den einzelnen Sälen dieses Gebäudes sind somit rund 1200 Cbm. Füllmasse oder 600 grosse Wagenladungen voll Sand und Kohlenlasche vertheilt.

In der Irrenanstalt treffen pro Quadratmeter 0,141 Cbm., im Reichs-Postgebäude dagegen 0,242 Cbm. Fehlbodenfüllung. Diese Beispiele zeigen, dass bei der Beurtheilung der Salubrität eines Gebäudes und bei Untersuchungen über epidemiologische Fragen neben dem Material und dessen chemischer Beschaffenheit (Verunreinigung etc.) vornehmlich auch die Quantität desselben in Betracht zu ziehen ist. Die Letztere kann bei zwei gleich grossen Gebäuden doch um mehr als das Doppelte verschieden sein.

Um die Bodenmasse, welche im Zwischenboden der einzelnen Zimmer und Säle der Irrenanstalt vertheilt sind, zu fassen, würde ein Gebäude mit 3 Stockwerken, 12 Zimmern, von denen jedes eine Quadratfläche von 25 □meter und eine Höhe von 3½ Meter hätte, noch nicht einmal ausreichend sein, auch wenn man alle 12 Zimmer vom Fussboden bis zur Zimmerdecke hinauf mit Erdboden vollfüllen würde. Diese Mengenverhältnisse lassen erkennen, dass der Fehlboden an und für sich schon die hygienischen Zustände des Hauses in hohem Grade beeinflussen muss, insofern sowohl der Wechsel der Feuchtigkeit der Zimmerluft, als auch die Gleichmässigkeit und der schnellere oder langsamere Wechsel der Durch-

wärmung, sowie die Amplitüde der Temperaturschwankungen von der Menge des Füllmaterials abhängen und durch sie modificirt werden.

3. Verunreinigung des Fehlbodens in den Wohnungen.

a) Chemische Beschaffenheit von reinem Füllmaterial für Zwischendecken.

Bei Beurtheilung der Verunreinigung oder chemischen Beschaffenheit von Fehlboden-Füllmaterial in Neubauten oder bewohnten Gebäuden, muss das Resultat der chemischen Analyse von notorisch reinen Füllstoffen als Grundlage dienen.

Wenn die chemische Beschaffenheit des Füllmaterials von hygienischen Gesichtspunkten aus beurtheilt werden soll, dann kommt hauptsächlich die Bestimmung des Gehaltes an organischen Substanzen, an Stickstoff, in Wasser löslichen Stoffen, Kochsalz, Nitraten, Nitriten, Ammoniak und schliesslich auch die quantitative Ermittelung der Gesammtmenge von in Alcohol und Aether löslichen Stoffen, sowie qualitative Untersuchungen über die Natur der letzteren, in Betracht. Auf Grund dieser Untersuchungen ist man zwar im Stande zu beurtheilen, ob ein Füllmaterial Nährstoffe für Mikroorganismen enthält, man kann aber nicht entscheiden, ob dasselbe auch eine für die Fortzucht pathogener Mikroben geeignete Beschaffenheit hat.

Die nähere Untersuchung des Aether- und Alcohol-Extractes kann unter Umständen werthvolle Anhaltspunkte zur Beurtheilung der Art der Verunreinigung bieten (Nachweis von Harn- und Gallenfarbstoffen, Fäulnissalkaloide etc.).

Die bisher am häufigsten gebräuchlichen Fehlboden-Füllmaterialien (Sand und Kies, Bauschutt resp. Mörtel und Steinstücke, Kohlenschlacke und Kohlenasche) besitzen in reinem Zustand folgenden Gehalt an den erwähnten Bestandtheilen:

Reines Ausfüllmaterial.

1 Cbm. (bei 100° trocken) enthält Kilogramme:

Material	Gewicht v. 1 Cbm. trock. Boden	Glühverlust	Stickstoff	Aetherextract	Alcoholextract	Wasserextract	Cl Na	N O_5	N H_3
Sand und Kies	1549	1,50	0,00	0,00	0,15	1,12	0,00	0,00	0,00
Backsteine	958	0,81	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00	0,00	0,00
Mörtel	1450	—	0,00	—	—	6,86	0,00	0,00	0,00
Kohlenschlacken	889	—	2,42	0,59	0,59	23,39	1,76	0,00	0,001
Kohlenschlacken	832	—	1,42	0,32	0,32	7,66	0,16	0,00	0,0014

Die Beurtheilung der Verunreinigung der Fehlbodenfüllung in Neubauten und in älteren Gebäuden, durch den Vergleich mit dem physikalisch gleichartigen reinen Boden, fällt um so leichter und die Differenzen treten um so prägnanter hervor, als sowohl der reine diluviale Sand und Kies, sowie Backsteine und Mörtel, falls letzterer mit reinem Wasser bereitet wurde, frei sind von Stickstoff, Kochsalz, Salpetersäure und Ammoniak. Dagegen kann Kohlenschlacke auch in reinem Zustand bis zu 2,5 Gr. Stickstoff und bis 2 Gr. Chlornatrium pro Liter enthalten.

Dieser Umstand muss in Betracht gezogen werden, wenn der zu untersuchende Fehlboden bewohnter Gebäude aus Kohlenschlacken besteht, oder wenn Kohlenschlacken zur Deckenfüllung in Neubauten in Aussicht genommen sind und vorher auf eine etwaige Verunreinigung durch excrementielle oder häusliche Abfallstoffe untersucht werden sollen.

Je mehr die Fehlbodenproben aus Neubauten oder alten Häusern in ihrer chemischen Zusammensetzung, besonders im Gehalt an organischen Substanzen (Glühverlust), an Stickstoff, an in Wasser löslichen Stoffen und an Kochsalz von der ihnen in Bezug auf physikalische Beschaffenheit gleichen Normalprobe abweichen, um so bedeutender sind dieselben durch die Hauswirthschaft verunreinigt und es haben um so ausgedehntere Zersetzungsvorgänge in diesem Bodenmaterial früher stattgefunden, je mehr der Gehalt an Nitraten und der Alcoholextract denjenigen der entsprechenden Normalprobe übertrifft.

b) Chemische Beschaffenheit von Zwischendecken-Füllmaterial aus Neubauten.

Man sollte glauben, dass zur Ausfüllung der Zwischendecken in Neubauten wenigstens meistens reines Material verwendet werde.

In dieser Erwartung wird man sich aber von Grund aus getäuscht sehen, wenn man eine grössere Anzahl von Fehlbodenproben aus verschiedenen Neubauten chemisch untersucht.

Die chemische Untersuchung von 12 Neubauten in Leipzig und München zeigte, dass auch nicht in einem einzigen der untersuchten Neubauten reine Füllerde zur Verwendung kam, dass vielmehr die meisten Proben mit excrementiellen und anderen faulenden, animalischen und vegetabilischen Abfällen verunreinigt waren.

Es genügt zum Beweise hierfür einige Beispiele anzuführen.

Die folgende Tabelle enthält das Resultat der Analyse von Füllmaterial aus 4 Neubauten in Leipzig.

Fehlboden-Füllmaterial aus Neubauten.

1 Cbm. trockenes (100°) Füllmaterial enthält Kilogramme:

No.		Gewicht von 1 Cbm. trockenem Boden in Kg.	Aschenbestandtheile	Glühverlust	Stickstoff	Aetherextract	Alcoholextract	Wasserextract	Chlornatrium	Salpetersäure	Ammoniak	Bodenart
1.	Arndtstrasse	1527	1500,80	26,20	1,04	1,36	0,93	4,61	0,93	0,03	0,008	lehmiger Sand
2.	Brandweg	1060	978,18	81,82	2,70	0,43	1,33	9,23	1,29	0,00	0,10	Kohlenasche, Lumpen, Haare, Knochen etc.
3.	Hospitalstrasse	773	605,66	167,34	3,48	3,04	2,42	14,63	1,70	0,00	0,22	„ „
4.	Windmühlenweg	1450	1386,78	63,22	1,76	1,90	1,47	7,54	1,77	0,00	0,104	Bauschutt

Das Material, welches in den beiden Häusern Brandweg und Hospitalstrasse in Leipzig zur Fehlbodenfüllung benutzt wurde, bestand vorwiegend aus Asche und schmutzigem Sande, enthielt aber auch in grosser Menge alle möglichen Hauswirthschafts-Abfälle, darunter die eckelkaftesten Dinge wie: faulende Lumpen, faules Stroh, Holz, Papier, Kartoffelschalen und Gemüsereste, Haare, ja selbst Knochenstücke mit Bindegewebsfetzen und sogar Darmkothpartikel von Menschen und Thieren (Hund). Dieses Material stammte demnach ohne Zweifel von einem städtischen Schmutzabladeplatz oder aus Asche- und Kehrichtgruben und diese letzteren hatten augenscheinlich den Inhalt von Nachtgeschirren aufgenommen, daher auch der hohe Kochsalz- und Ammoniakgehalt. Die ganze Füllmasse, von der viele Wagenladungen in die beiden Neubauten transportirt wurden, war zudem stark durchfeuchtet, der Wassergehalt betrug 20 Procent, so dass also ²/₃ der Poren mit Wasser ausgefüllt waren. Die organischen Abfallstoffe waren grösstentheils im Fäulnisszustande. Man kann sich eine Vorstellung von dem Umfang der Bacterienthätigkeit und von der Intensität der Zersetzungsvorgänge in der Füllmasse der einzelnen Zimmer bilden, wenn man bedenkt, dass das Thermometer in einem solchen neben dem Neubau im Schatten liegenden Aschenhaufen auf 32° C. stieg, während die Maximaltemperatur der Luft an diesem Tage 16° C. war. Die Temperaturerhöhung von 16 auf 32° C. war offenbar durch die von Bacterien bewirkte Spaltung hoch zusammengesetzter organischer Verbindungen erzeugt.

Die Menge von Nährmaterial für niedere Pilze, respective die Quantität der organischen Abfallstoffe, welche eine Füllerde, wie sie

in den Neubauten der Hospitalstrasse und des Brandwegs zur Verwendung kam, enthält, ist überraschend gross. Man ist berechtigt, den Stickstoff der im Füllmaterial befindlichen organischen Stoffe auf animalisches Eiweiss zu berechnen, denn man muss denselben vorläufig, solange man nichts Näheres über ihre chemische Constitution weiss, die gleiche hygienische Bedeutung beilegen, wie dem Eiweiss, da sie ja, wie es scheint, so gut wie dieses als Nährmaterial für Micro-Organismen geeignet sind.

Nach genauen Analysen enthält eine erwachsene menschliche Leiche durchschnittlich 9 Kg. trockenes Eiweiss.

Aus dem Stickstoffgehalt berechnen sich für die Gesammtmenge des Fehlbodens im Neubau der Hospitalstrasse, unter der Voraussetzung dass das Füllmaterial in allen Zimmern das gleiche war, 27158 Kg. trockenes Eiweiss, eine Quantität, welche 3017 oder in runder Zahl 3000 erwachsenen Menschen entspricht. Die Verunreinigung ist also ebenso stark, wie wenn 3000 Leichen erwachsener Menschen im Füllmaterial der Zwischendecken dieses Neubaues unmittelbar unter dem Fussboden begraben wären, oder mit anderen Worten, wenn man den Fehlboden dieses Gebäudes mit reinem stickstofffreiem Sande ausgefüllt hätte, so könnte man sämmtliche Menschen, welche in einer Stadt von 180 000 Einwohnern jährlich sterben, im Fehlboden des genannten Neubaues begraben, um den Grad von Verunreinigung darin hervorzubringen, welcher zur Zeit der Untersuchung darin vorhanden war.

Der Umstand, dass man so wenig von dieser enormen Menge faulender organischer Stoffe riecht, ist einfach darin begründet, dass dieselben sehr fein zertheilt und mit Asche und Boden innig gemischt sind. Die desodorisirende Eigenschaft der Erde ist ja schon in ältesten Zeiten practisch verwerthet worden und Moule, der Erfinder des Erdclosets hat gezeigt, dass 500 Gr. Erde genügen, um einer menschlichen Durchschnitts-Entleerung den Geruch zu benehmen.

Der Verunreinigungsgrad des Füllmaterials aus dem Neubau der Arndtstrasse und des Windmühlenwegs, lässt sich am besten beurtheilen, wenn man den Stickstoffgehalt desselben mit den Zahlen vergleicht welche Fleck und Flügge für den Stickstoffgehalt von Strassenboden aus Dresden und Berlin erhalten haben. Wählt man diejenigen Zahlen von Fleck und Flügge, welche aus der Analyse des am meisten verunreinigten Strassenbodens gewonnen wurden, so erhält man folgende Vergleichswerthe:

1000 Gr. Boden enthalten Stickstoff in Grammen:

I. Berliner Strassenboden		II. Dresdener Strassenboden		III. Fehlboden aus Neubauten Leipzigs	
1. Köpenickerstr. (Aufschutt)	1,77	Palmstr.	1,92	Arndtstr.	1,04
2. Oranienstr.	1,22	Wilsdrufferstr.	1,14	Brandweg	2,45
3. Unterbaumstr.	1,04	Pragerstr.	0,85	Windmühlenweg	1,21

Bei dem Neubaue der Arndtstrasse wurde unreiner städtischer Untergrund, welcher an der Baustelle selbst ausgehoben worden war, zur Zwischendecken-Füllung verwendet. Der Stickstoffgehalt dieses Bodens entspricht genau dem des stark verunreinigten Berliner Strassenbodens aus der Unterbaumstrasse.

Da die im Accord arbeitenden Baumeister meistens gezwungen sind rasch zu arbeiten und da sie andererseits möglichst viel beim Baue zu ersparen, respective zu gewinnen suchen, so wird alles in der Nähe der Baustelle vorhandene Material ohne Rücksicht auf seine Reinheit genommen.

In vielen Fällen ist es nicht gewinnsüchtige Absicht, sondern Unkenntniss und die Unmöglichkeit den Reinheitsgrad eines Bodens nach seinem Aussehen zu beurtheilen, in Folge dessen sehr schlechte Füllstoffe gewählt werden.

Besonders oft wird, wie bei dem Neubau in der Arndtstrasse, der an einer neuen, nahe gelegenen Baustelle ausgehobene Boden direct in einen Neubau zur Fehlbodenfüllung überführt. In diesen häufigen Fällen handelt es sich um städtischen Boden, der immer mehr oder weniger, oft aber in sehr hohem Grade verunreinigt ist.

Wie schlimm es zur Zeit noch mit der hygienischen Beaufsichtigung des Hausbaues bestellt ist, zeigt die Thatsache, dass der schon erwähnte, unerhörte und perfide Brauch, die Zwischendecken der Wohnräume mit Aschen- und Kehrichtgruben-Inhalt zu füllen, auch heutzutage noch fortbesteht. Wie weit dieser Unfug verbreitet ist, ergibt sich aus den Mittheilungen von E. Johnstone und Th. Crnelly [1], welche constatiren, dass auch in den Häusern der ärmeren Volksklasse in Dundee sehr schlechtes Material „möglicherweise aus Aschengruben etc.“ zur Zwischendecken-Füllung verwendet wird.

Die Uebelstände und Gefahren, welche durch die Verwendung derartig verunreinigter Füllstoffe verursacht werden können, sowie die Massregeln zur Verhütung derselben werden weiter unten besprochen. An dieser Stelle muss aber noch eines andern in seinen Folgen nicht minder gefährlichen Missbrauchs Erwähnung geschehen, welcher, obgleich offen zu Tage liegend, gleichwohl ungeahndet fortbesteht.

1. Effect of floor-deafening on the sanitary condition of dwelling houses. Proc. Roy. Soc. London 1888—89, XIV, p. 346—351.

Sobald der Rohbau fertig gestellt ist, wird auch der Fehlboden, um dem Material Zeit zum Austrocknen zu geben, möglichst frühzeitig ausgefüllt.

Das Berohren und Verputzen der Decken, der Ausbau der Treppen, Thüren, Kamine und viele andere Arbeiten beschäftigen noch Monate hindurch eine grosse Anzahl von Leuten im Neubau. Gewohnheit und Bequemlichkeit bringen es mit sich, dass, sobald die Fehlbodenfelder ausgefüllt sind, der für die Arbeiter bestimmte Abort nur noch selten aufgesucht wird.

Die grosse Mehrzahl derselben entleert den Harn in die Wohnräume, auf die Sandschüttung der Zwischendecken. Bei der Probeentnahme in Neubauten haben wir sogar im Fehlboden eines Zimmers verscharrten Koth gefunden. Dem Architecten oder Bauaufseher fällt es nicht ein, die Defäcation der Arbeiter zu controlliren und er thut es um so weniger, als er durch keinerlei gesetzliche Bestimmungen oder ortspolizeiliche Vorschriften gehalten ist, für die Salubrität des Neubaues in dieser Richtung Sorge zu tragen.

Der Effect dieses Missbrauchs darf nicht unterschätzt werden. Man rechne was es ausmacht, wenn 50 oder 100 Arbeiter einige Monate hindurch in dieser Weise wirthschaften. Obgleich hierdurch circa 4500 i. e. $4^1/_2$ Cbm. Harn pro Monat im Fehlboden versickern, merkt man doch nichts davon und sieht keine feuchten Stellen, denn die Oberfläche, über die Tag und Nacht die Luft hinstreicht, trocknet rasch ab, die Feuchtigkeit in den tieferen Schichten aber und die Harnbestandtheile bleiben zurück. Fast immer ist es ein und dasselbe, etwas separat gelegene Zimmer, ein dunkler Raum, in welchem die Arbeiter ihre Nothdurft verrichten, ja schlimmer Weise eine und dieselbe Ecke des Zimmers, an welcher dann die Sand- oder Schlacken-Schüttung durch und durch mit Harn imprägnirt wird.

Durch diesen Unfug wird dafür gesorgt, dass auch die reinste Sandschüttung mit Nährmaterial für Spaltpilze in einer oder der anderen Ecke des Zimmers reichlich versehen wird und man braucht sich unter solchen Umständen nicht zu wundern, dass auch in den scheinbar reinlichsten Neubauten Hausepidemien auftreten, und dass es gerade ein oder zwei Ecken eines Zimmers sind, von welchen die Infection ausgeht.

Verunreinigung und Infection des Fehlbodens in bewohnten Gebäuden.

Das Füllmaterial der Zwischendecken der Wohnräume, welches sehr häufig schon bei Erbauung des Hauses einen bedenklichen Grad

der Verunreinigung besitzt, wird bei der bisher üblichen äusserst mangelhaften Construction des Fussbodens im Laufe der Zeit immer mehr durch Abfallstoffe des menschlichen Haushaltes verunreinigt werden.

Mit Staub, Strassenkoth, zufällig ausgegossenen Flüssigkeiten, wie Waschwasser, Suppe, Harn, mit Sputum und namentlich durch das Putzwasser gelangen sowohl organische Stoffe d. h. Nährmaterial für Microorganismen, als auch die letzteren selbst, und unter Umständen auch pathogene Bacterien in die Füllung.

Noch vor 15 Jahren hat man an diese Zustände und die durch dieselben bedingten Gefahren gar nicht gedacht, bis ich im Jahre 1881 durch zahlreiche chemische Untersuchungen des Füllmaterials bewohnter Gebäude die thatsächlichen Verhältnisse festgestellt habe.

Man kann durch die chemische Untersuchung des Füllmaterials den Gehalt desselben an organischen Stoffen d. h. an Nährmaterial für Microorganismen direct feststellen, man ist ferner im Stande durch die quantitative Bestimmung der Zersetzungsproducte organischer Substanz Anhaltspunkte zur Beurtheilung der In- und Extensität der Bacterienthätigkeit zu gewinnen und durch die bacteriologische Untersuchung kann man die Zahl und Arten der Bacterien im Zwischendecken-Füllmaterial ermitteln und entscheiden ob pathogene Keime darin enthalten sind oder nicht.

c) Chemische Beschaffenheit des Füllmaterials in bewohnten Gebäuden.

Nach der Praxis der Architecten zu urtheilen, war man bisher der Ansicht, dass eine erhebliche Verunreinigung des Füllmaterials im Laufe der Zeit nicht eintritt, denn man verwendete ja bisher anstandslos den Fehlboden eines niedergerissenen Hauses zur Ausfüllung der Zwischendecken von Neubauten. Die Analysen des Fehlbodens aus zahlreichen, seit längerer Zeit bewohnten Gebäuden, lieferten nun aber den Beweis, dass diese Ansicht eine irrige war.

Es gibt in der Natur überhaupt und selbst in der Umgebung der menschlichen Wohnstätten keinen Boden, der so stark mit stickstoffhaltigen organischen Substanzen und deren Zersetzungsproducten verunreinigt ist, wie in vielen Fällen, die Füllerde unter dem Fussboden der menschlichen Wohnräume.

Die folgende Tabelle enthält das Resultat der chemischen Analyse von Fehlboden-Proben aus Gebäuden welche seit vielen Jahren bewohnt waren.

1 Cbm. trockener Boden enthält Kilogramme:

Ort der Probeentnahme	Gewicht von 1 Cbm. trockenem Boden. Kg.	Asche	Glühverlust	Stickstoff	Aetherextrat	Alkohol-extract	Wasserextract	Chlornatrium	Salpetersäure	Ammoniak	Bodenart
Augustusplatz 61/0 in Leipzig	1495	1348,00	147,00	7,58	2,42	67,41	84,31	7,40	7,92	0,11	Sand und Kies
„ andere Stelle d. Zimmers	1495	1370,07	124,93	5,83	2,99	28,39	80,12	6,31	6,65	0,12	„
„ 3. Stelle des Zimmers .	1495	1378,96	116,04	5,91	1,35	49,51	77,95	4,65	14,38	0,14	„
„ 4. „ „ „ .	1495	1374,58	120,42	5,62	3,59	53,10	74,23	5,70	7,33	0,11	„
„ 5. „ „ „ .	1495	1426,92	68,08	3,50	0,94	57,99	93,78	6,20	14,65	0,054	„
Peterstrasse 20,1. 1. Zimmer	1153	1013,07	139,93	4,65	3,54	8,10	35,26	8,50	0,07	0,08	Sand
„ 2. „	1465	1393,55	71,45	1,92	5,11	3,11	15,02	2,27	0,04	0,029	„
„ 3. „	1465	1364,37	100,63	3,55	10,62	6,12	23,66	3,62	0,10	0,070	„
„ 4 „	1465	1351,97	113,03	3,44	3,34	4,70	23,66	4,00	0,07	0,132	„
Burgstrasse 16/0 in Leipzig	1377	1312,25	64,75	2,33	0,22	26,11	34,44	8,61	7,45	0,033	Bauschutt
„ 16/1	1429	1312,52	116,48	2,17	0,19	1,56	19,42	2,51	0,00	—	„
„ 16/2	1104	1015,37	88,63	2,67	0,75	2,90	16,54	2,36	0,00	—	Sand mit Mörtelstücken
„ 16/3	1496	1441,29	54,71	1,94	0,24	4,02	12,76	2,65	0,60	—	Sand und Bauschutt
Altes Garnisonslazareth Augsburg Saal Nr. 3	1483	1340,28	143,13	2,12	—	—	17,45	2,87	6,43	—	Sand mit Mörtel- und Kiesstücken
Altes Garnisonslazareth Augsburg Saal Nr. 5	1279	1174,37	104,55	2,52	—	—	18,26	4,83	0,00	—	Sand, Bauschutt, Stroh viel Charpie mit Moschusgeruch
Friedrichsmarkt in Fulda (Rullmann)	—	—	40,38	0,83	—	—	2,90	0,98	0,00	0,147	Unreiner rother Sand
„ „ „ „ . .	—	—	54,78	0,95	—	—	3,96	1,40	0,00	0,143	„ „ „

Der enorme Grad, welchen die Verunreinigung des Fehlbodenmaterials in den Wohngebäuden erreichen kann, lässt sich besonders gut charakterisiren, wenn man den Gehalt an organischen Substanzen, Stickstoff, Kochsalz, Salpetersäure etc. einerseits mit demjenigen der Normalproben und andererseits mit dem Kochsalzgehalt etc. vergleicht, welchen WOLFFHÜGEL [1]) im Boden unter Abtrittsgruben und FLECK [2]) in der Umgebung der Dresdener Schleussen gefunden hat.

Während die der Structur nach gleichen reinen Bodenproben (Tabelle S. 200), wie sie bei Erbauung des Hauses in den Fehlboden eingefüllt wurden, frei von organischem Stickstoff, frei von Kochsalz und Salpetersäure waren, erhebt sich der Stickstoffgehalt im Fehlboden bewohnter Gebäude auf 7,6 Gr. pro Liter, oder auf 7,6 Kg. pro Cubikmeter und der Kochsalzgehalt steigt auf 8, ja sogar auf 10 Gr. im Liter oder auf 20 Pfund pro Cubikmeter und in einem Hause der Querstrasse enthielt 1 Cbm. Füllerde 36 Pfund Salpetersäure! Die Bodenart im Hause No. 61 am Augustusplatz (resp. Grimmaischen Steinweg) zu Leipzig war grobkörniger Diluvialkies und Sand. 1000 Gr. desselben enthalten 128 Gr. Feinerde, 1 Liter oder 1498 Gr. somit 191 Gr. Feinsand und Staub.

Berechnet man die Menge der organischen Stoffe und des organischen Stickstoffs auf die Feinerde, welche ja ausschliesslich die gesammte Menge dieser Substanzen thatsächlich enthält, so ergibt sich, dass dieselbe einen Gehalt von 77 Procent organischen Stoffen und 4 Procent Stickstoff hatte. Der Stickstoffgehalt ist also noch grösser als derjenige der menschlichen Excremente. Die Feinerde des Fehlbodens bewohnter Gebäude ist somit, da sie auch reichliche Mengen von Phosphorsäure und Salzen der Alkalien enthält, ein ausgezeichnetes Dungmittel. In Rheinhessen wird nun auch thatsächlich von Alters her der Fehlboden alter Gebäude, nach dem Abbruch derselben, von den Landwirthen zum Düngen der Felder verwendet [3]).

Der Untergrund der Städte überhaupt und speciell der Boden

1) GUSTAV WOLFFHÜGEL, Ueber die Verunreinigung des Bodens durch Strassenkanäle und Abortgruben (München 1875) S. 15.

2) FLECK, Chemische Untersuchungen von Bodenproben aus städtischen Strassen; fünfter Jahresbericht des Landes-Medicinalcollegiums über das Medicinalwesen im Königreich Sachsen auf die Jahre 1872 und 1873 (Dresden 1875. Verlag von HEINRICH) S. 151 bis 182.

3) In einigen Gegenden Deutschlands nennt man den Fehlboden in sehr bezeichnender Weise „Faulboden“. Siehe hierüber: MEINERS l. c. p. 23.

unter durchlässigen Abtrittsgruben und schlechtgebauten Schleusen, das Erdreich unter dem Pflaster verkehrsreicher Strassen, welches Tag für Tag den Harn der Pferde aufnimmt, ja selbst der Strassenkoth ist reiner als der Fehlboden bewohnter Gebäude.

So enthielt z. B. der Strassenschmutz aus Brüssel nach Untersuchungen von PETERMANN, der sich in sehr sorgfältiger Weise Durchschnittsproben verschaffte, nur 0,4 Procent Stickstoff. Stellt man den Kochsalzgehalt, welchen WOLFFHÜGEL im Boden unter Abtrittsgruben gefunden hat, mit demjenigen in Parallele, welcher im Fehlboden bewohnter Gebäude vorhanden ist, so ergibt sich: dass die Kochsalzmenge im Fehlboden den Kochsalzgehalt des Bodens unter Abtrittsgruben im Mittel um das siebenfache übersteigt.

Selbst der Boden, welcher eine Pferdedüngergrube umgab und der augenscheinlich mit Jauche durchsetzt war, enthielt 12mal weniger Chlornatrium und hatte einen tausendmal geringeren Salpetersäuregehalt, als der am meisten verunreinigte Fehlboden, und alle Deckenfüllungen aus bewohnten Gebäuden enthielten mehr Kochsals pro Liter als der mit Jauche imprägnirte Boden dieser Pferdedüngergrube.

Ausserordentlich hoch ist auch der Gehalt des Fehlbodens bewohnter Gebäude an organischen Stoffen. Bei einer Fehlbodenprobe aus einem Schlafsaal der Gefangen-Anstalt in Amberg betrug die Menge des zur Oxydation der organischen Stoffe nöthigen Sauerstoffs 2,63 Kilo pro Cubikmeter.

Berechnet man auf Grund zahlreicher Analysen die Gesammtmenge von Kochsalz, die sich in dem Fehlboden eines ganzen Hauses befindet, so kommt man zu erstaunlich hohen Zahlen.

Das Haus No. 19 der Querstrasse in Leipzig enthielt z. B. in seinen 3 Etagen 93,2 Cbm. Fehlboden und darin waren 362,138 Kg. Kochsalz enthalten. In den drei Etagen und im Speicher-Boden des Hauses No. 16 der Burgstrasse in Leipzig befanden sich 133 Cbm. Füllung mit einem Gesammtkochsalzgehalt von 609, 04 Kg.

Das Verhältniss der einzelnen verunreinigenden Stoffe im Fehlboden zu einander deutet darauf hin, dass das Kochsalz in den Deckenfüllungen hauptsächlich aus Harn stammt. Da nach zahlreichen Untersuchungen ein erwachsener Mann täglich mit dem Harne im Mittel 15 Gr. Kochsalz ausscheidet, so ergibt sich durch einfache Rechnung, dass die tägliche Harnmenge von

nicht weniger als 40 603, *rund also von* 40 000 *Menschen, oder* 60 000 *Liter Urin nothwendig waren um dem Fehlboden dieses Hauses* (in der Burgstrasse) *die Kochsalzmenge von* 609 Kg. *zuzuführen, welche er thatsächlich enthielt*, oder mit anderen Worten: Um den Fehlboden mit Kochsalz so stark zu imprägniren, hätten die erwachsenen Bewohner dieses Hauses, 25 an der Zahl, ihre gesammte Harnmenge etwas länger als 6 1/2 Jahre hindurch Tag für Tag auf den Zimmerboden entleeren müssen!

Nach Analysen, die ich im Münchener hygienischen Institut ausgeführt habe, beträgt der Kochsalzgehalt der Jauche aus Abtrittsgruben im Mittel 3,8 Gr. pro Liter. Rechnen wir den Cubikraum der Grube zu 4 Cbm., so enthält dieselbe 15 200 Gr. Chlornatrium, und obige 609 Kg. Kochsalz wären somit in 40 bis zum Rande gefüllten Abtrittsgruben enthalten. Da das obengenannte Haus, die Küchen etc. mit eingerechnet, aus 18 bewohnten oder bewirthschafteten Räumen bestand, so trifft auf ein Zimmer mehr als 2 Abtrittsgruben d. h. *die Verunreinigung der Deckenfüllungen ist ebenso stark, als wenn* 8 Cbm. *Abtrittsjauche im Fehlboden eines jeden Zimmers sich befinden würden.*

Diese Zahlen sind frei von jeder Uebertreibung, ein unbestreitbares Ergebniss der Analyse und Messung. Die Ursache, dass man von dieser hochgradigen Verunreinigung nichts oder nur wenig riecht, ist die desodorisirende Eigenschaft der Erde, die hier um so mehr zur Wirkung gelangt, als die in Zersetzung befindlichen Stoffe in feinster Vertheilung mit dem Boden innig gemischt sind. Hierdurch wird die Abgabe riechender Stoffe zwar vermindert, oder aufgehoben, die Bacterienentwickelung aber eher befördert als beeinträchtigt.

Es muss übrigens hervorgehoben werden, dass sich die obigen Angaben durchweg auf Fehlboden-Proben aus *sehr alten, dichtbewohnten Gebäuden* beziehen, in welchen somit die Bedingungen für die Verunreinigung der Füllung durch den menschlichen Haushalt besonders günstig waren. Nichtsdestoweniger unterliegt es keinem Zweifel, dass die gleichen, oder ganz ähnliche Verhältnisse in den meisten Wohnhäusern älterer Städte vorhanden sind.

Dass übrigens auch in sehr alten Gebäuden die Fehlboden-Füllung an manchen Stellen der Wohnräume relativ wenig verunreinigt gefunden wird, zeigen die folgenden Zahlen:

1 Cbm. trockenes Füllmaterial aus der 2. Etage des Hauses No. 16 der Burgstrasse in Leipzig enthielt Kilogramme:

Gewicht von 1 Cbm. trockenem Boden	Anorganische Stoffe	Organische Stoffe	Stickstoff	Aether-extract	Alcohol-extract	Wasser-extract	Chlor-natrium	Salpeter-säure	Ammoniak
1549	1536,16	12,84	0,48	0,09	0,48	2,94	0,53	0,00	0,026

Es ist selbstverständlich, dass es viele städtische Wohnhäuser geben wird, deren Fehlboden-Füllung auch im Verlauf der Jahre ihren ursprünglichen Grad der Reinheit bewahrt hat.

Da die Construction der Zwischendecken bei allen Nationen im Wesentlichen die gleiche ist, so werden die oben geschilderten Verhältnisse für alle Länder der civilisirten Welt Gültigkeit und Bedeutung haben.

Als ein Beweis hiefür können die Untersuchungsresultate von Miss Etta Johnstone und Prof. Thos. Carnelley [1]) dienen, welche sich der dankenswerthen Aufgabe unterzogen haben, die diesbezüglichen Zustände der Zwischendecken in einer Stadt Schottlands, in Dundee, festzustellen.

In England und in Schottland wird auf die zwischen die Balken eingefügten Bretter eine Füllung („deafening") gebracht, die, aus groben Mörtelstücken und aus Schmiedeasche besteht. „Gewöhnlich und hauptsächlich in den Häusern der unteren Volksklasse ist dieselbe aus viel mehr fragwürdigen Elementen zusammengesetzt und es wurden schon durch ihr blosses Vorhandensein Häuser unbewohnbar gemacht, da die Schlacken, welche ihren Hauptbestandtheil bilden, je nach dem Orte ihrer Herkunft und in Folge anderer Umstände mehr oder weniger verunreinigt waren."

Um den Grad der Verunreinigung der Zwischendecken-Füllung in den Häusern der verschiedenen Bevölkerungsklassen festzustellen, wurden Proben sowohl aus Häusern des Mittelstandes entnommen, als auch aus 1, 2 und 3zimmerigen Wohnungen der ärmeren Klassen und 2 aus 200jährigen Häusern in der Fish-Strasse in Dundee, die von der ärmsten Handwerkerklasse bewohnt wird.

Die Füllung aus den ärmeren Häusern, besonders die aus den ältesten Gebäuden hatte einen höchst ekelhaften Geruch. Alle in Frage kommenden Häuser, auch die der höheren Klassen waren mindestens seit 12 Jahren gebaut und bewohnt. Zum Zwecke der Analyse wurde das Material durch ein Drahtsieb von $^1/_{10}$ Zoll

1) l. c.

Maschengrösse gesiebt, und der Procentsatz an feinem Sand und Staub und groben Partikeln bestimmt. Der Feinsand und Staub wurde in Flaschen gefüllt und nach den üblichen Methoden untersucht. Das Resultat war folgendes:

	No.	Procente der Füllung an:		Procente in den feinen Bestandtheilen, auf die ganze Füllung berechnet.					Lage des Hauses in Dundee
		groben Bestandtheilen	feinen Bestandtheilen	Wasser	Anorgan. Bestandtheile	Organische Bestandtheile	Chlor	Stickstoff	
Wohnung. mit vier Zimmern und mehr	1.	93,51	6,49	1,01	5,14	0,33	0,00	0,00	Dalhousie Terrace Badezimmer.
	2.	74,46	25,54	1,83	16,79	1,92	=	=	
	3.	50,29	49,71	0,91	42,40	6,37	=	=	Clarendon Terrace Schlafzimmer.
	4.	47,15	52,85	1,18	44,01	7,61	=	=	Clarendon Terrace Kinderzimmer.
	5.	57,18	42,82	0,80	34,60	7,34	0,025	0,233	St. Mary Place
Mittel *)	—	63,4	36,6	1,63	29,42	4,53	0,006	0,026	
Zwei-Zimmer-Häuser	1.	58,41	41,59	0,36	33,76	7,48	0,009	0,019	73, Wilkie's Lane
	2.	65,98	34,02	0,58	27,13	6,30	0,0095	0,025	11, Pennycook Lane.
	3.	67,07	32,93	0,83	28,36	3,74	0,018	0,052	13, Kinloch Street
Mittel	—	63,82	36,18	0,59	29,75	5,84	0,012	0,032	
Zwei Zimmer-Häuser	1.	60,93	39,07	1,28	29,22	8,60	0,080	0,134	3, Stewart Street
	2.	61,13	38,87	2,83	32,58	3,45	0,088	0,173	Bell Street.
	3.	14,10	85,90	0,93	75,50	9,50	0,088	0,310	3, Watt Street.
	4.	4,27	95,73	0,69	90,27	4,31	0,163	0,307	25, Session Street
Mittel *)	—	40,48	59,52	1,58	52,52	5,42	0,081	0,209	
Ein-Zimmer-Häuser	1.	34,81	65,14	2,85	36,28	26,01	0,138	0,206	Bell Street
	2.	23,10	76,90	2,07	63,55	11,16	0,373	0,248	Fish-Street. †)
	3.	15,01	84,99	1,82	71,21	11,83	0,386	0,363	Fish-Street. †)
	4.	22,40	77,60	2,86	60,40	14,23	0,311	0,637	Bell Street.
Mittel *)	—	35,25	64,75	1,83	50,75	12,10	0,195	0,300	

*) Die Mittelzahlen sind aus einer grösseren Anzahl von Analysen, von denen einige hier nicht mitgetheilt sind, berechnet.

†) Diese beiden Häuser waren ungefähr 200 Jahre alt und sind jetzt abgerissen.

Aus diesem Resultate ziehen die beiden Autoren folgende Schlüsse:

1. Dass die Qualität des Füllmaterials, wie sich im Procentgehalt an Chlor, Stickstoff und organischen Stoffen (Glühverlust) darstellt, genau parallel geht mit der Häuserklasse, indem sie am schlechtesten in den Einzimmerwohnungen und am besten in den grössten Häusern ist.

2. Dass die Füllung, wie sie gewöhnlich in den Häusern der Mittelklasse verwendet wird, fast in allen Fällen frei von Stickstoff und Chloriden ist und keinen unangenehmen Geruch besitzt, so dass keinerlei Einwände gegen die Verwendung von Füllmaterial, wie man es in dieser Klasse von Häusern trifft, zu erheben sind.

3. In den ärmeren Häusern von 3 Zimmern und darunter sind immer stickstoffhaltige organische Stoffe und Chloride nachweisbar. Hierbei ist der Procentgehalt besonders hoch in den älteren Häusern und der Geruch ein sehr widerlicher. Hieraus lässt sich schliessen, dass die Luft in solchen Häusern durch die Füllung ernstlich verunreinigt werden und gesundheitsschädlich wirken kann. In den ärmeren Häusern wird sehr schlechtes Material wahrscheinlich aus Aschengruben etc. verwendet.

Die Teppiche in den reicheren Häusern werden, wie Johnstone und Carnelley weiterhin mittheilen, gewöhnlich nicht öfter als zweimal jährlich weggenommen, folglich kann der Boden nicht öfter aufgewaschen werden, so dass die zum Wachsthum von Mikroorganismen nöthige Feuchtigkeit nicht in dem Maasse vorhanden ist, wie in den ärmeren Häusern, während der Teppich zugleich als Filter dient, der sowohl verhütet, dass Staub und Keime in die Zwischendecken hinein und aus diesen heraus in die Wohnungsluft gelangen.

Solche Verhältnisse findet man in Deutschland nicht einmal in den Palästen der hohen Aristokratie. Dundee hat eine grossartige Industrie und es giebt im Allgemeinen nur sehr reiche Fabrikanten und arme Arbeiter. Man darf sich die Häuser der Mittelklasse nicht so vorstellen, wie die Miethwohnungen der gleichen Bevölkerungsclasse in Deutschland. Hier handelt es sich um feine Villen, deren wohlhabenden Besitzer mit grösster Sorgfalt darauf achten, dass beim Baue nur reines Material verwendet wird.

In den ärmeren Häusern hingegen, scheint alles zusammenzuwirken, um die Verunreinigung der Luft durch den Fehlboden zu fördern. Die Bodendielen sind oft einfach nebeneinandergelegt, so dass beim Aufwaschen das Putzwasser mit grösster Leichtigkeit in die Füllung versickern kann. Ferner müssen alle Verrichtungen, wie Waschen, Kochen, Kinderwarten u. s. w. in ein oder zwei Räumen

vorgenommen werden, wobei häufiges Verschütten unreiner Flüssigkeiten u. s. w. unvermeidlich ist. Die Zimmer sind meist überfüllt, folglich ist die Luft feucht und warm, was alles die Entwickelung und Vermehrung von Mikroorganismen befördert.

3. *Feuchtigkeit und Temperatur in den Zwischendecken-Füllungen.*

Die Entwickelung und Vermehrung von Spaltpilzen im Boden kann nur bei einem bestimmten Feuchtigkeitsgehalt stattfinden. Leider sind bis jetzt Untersuchungen über die oberen und unteren Grenzen des Wassergehaltes, bei welchem eine Vermehrung der Spaltpilze im Boden überhaupt nicht möglich ist, nicht angestellt worden.

Im Allgemeinen und bei guter Fussboden-Construction findet man einen sehr geringen Feuchtigkeitsgehalt in den Zwischendecken-Füllungen.

Johnstone und Carnelley fanden im Maximum 2,8 Procent Wasser in der Füllung.

In Fehlbodenproben aus dem alten Garnisons-Lazareth in Augsburg, welche verschiedenen Zimmern entnommen waren, schwankte der Wassergehalt zwischen 16,5 und 24,16 Kilo pro Cbm. Bei defecter Fussbodendielung kann die ganze Füllung eines Zimmers einen wesentlich höheren Wassergehalt zeigen. So enthielt z. B. eine Fehlbodenprobe aus Saal V der Gefangenenanstalt in Amberg 5,2 Proc. oder 72 Liter Wasser pro Cbm.

Ueberträgt man diese Zahlen auf die Zwischendeckenfüllung eines ganzen Saales, so ergeben sich ganz erstaunliche Grössen. Der Saal 88 des Gefängnisses enthielt bei einer Fussbodenfläche von 310 □m. etwa 31 cbm., also 15 grosse Wagenladungen voll Füllerde, welche mit 2170 Liter Wasser durchfeuchtet waren. Bei zahlreichen von mir ausgeführten Untersuchungen schwankte der Wassergehalt des Füllmaterials bewohnter Räume zwischen 0,7 und 13 Proc., während derselbe bei dem Füllmaterial eines Neubaues sogar 20,7 Proc. betrug.

Der Wassergehalt von unbebautem freiliegenden Boden in der Umgebung von Leipzig bewegte sich bei einer Bodentiefe von 0,5 bis 4,4 m. in den verhältnissmässigen Grenzen von 5,2 bis 16,0 Proc. des Bodengewichtes, so dass also der Feuchtigkeitsgehalt des Fehlbodens demjenigen des natürlichen Bodens sehr häufig gleichkommt.

Nun kommt es aber nicht blos in den Wohnungen der ärmeren Volksklasse und in den städtischen Miethkasernen, sondern auch in den besseren Wohngebäuden oft vor, dass an irgend einer Stelle eines Schlaf- oder Toilettenzimmers grössere Mengen Flüssigkeit verschüttet werden und von da aus einen beschränkten Theil der Füllung

in ihrer ganzen Tiefe derart durchfeuchten, dass sämmtliche Poren des Materials mit Wasser erfüllt sind.

Besonders da, wo der Waschtisch steht, dringt täglich bei etwas defectem Fussboden, oder wenn, wie gewöhnlich, Fugen vorhanden sind, viel Wasser in die Füllung und dieselbe wird in einem ziemlich constanten, hochgradigen Feuchtigkeitszustand erhalten.

Nicht sehr selten kommt es auch vor, dass einmal die Schliessung eines Wasserhahns vergessen wird, in Folge dessen ganze Ueberschwemmungen der Zwischendecken-Füllungen angerichtet werden.

Die häufigste und allgemein verbreitete Ursache der Fehlboden-Durchfeuchtung und Verunreinigung ist aber das Brauchwasser, welches anlässlich der Fussbodenscheuerung in die Füllung gelangt.

Die Wassermengen, welche beim Scheuern des Fussbodens im Zimmer verbleiben, sind nach mehreren Bestimmungen folgende:

Ort	Quadratfläche des Fussbodens in Quadratmetern	Gesammtmenge des versickerten Wassers in Litern	Menge des pro Quadratmeter versickerten Wassers in Cubikctm.
Mannschaftszimmer Kaserne in Leipzig	31,37	13	414
Zimmer im Hygienischen Institut zu Leipzig	35,8	12	335
Zimmer einer Privatwohnung (Fussboden sehr defect.)	23,00	11½	500

Mit diesem Putzwasser kommen sehr bedeutende Mengen von gelösten organischen Stoffen und von Mikroorganismen in die Füllung.

Es braucht kaum erwähnt zu werden, dass sich die beim Scheuern versickernde Wasserquantität nicht gleichmässig im ganzen Fehlboden vertheilt, sondern dass an einzelnen Punkten des Fussbodens gar nichts oder sehr wenig, an anderen dagegen sehr viel versickert, so dass der Fehlboden an gewissen Stellen sehr trocken bleibt, während er unter den schadhaften Partieen des Fussbodens stark durchfeuchtet wird.

In Folge dieses Umstandes geschieht es häufig, dass das in den oberen Etagen versickernde Putzwasser die Deckenfüllungen an manchen Stellen vollständig durchnässt und durch den Plafond in die darunter gelegenen Wohnräume hinabträufelt, eine Thatsache, die Jedermann schon beobachtet hat und die zur Genüge beweist, dass es an Feuchtigkeit in den Deckenfüllungen nicht fehlt, dass

vielmehr häufig die Poren des Füllmaterials vollständig mit Wasser ausgefüllt werden.

Weiterhin ist einer nicht sehr seltenen Hülfsursache der Durchfeuchtung von Deckenfüllungen zu gedenken, die gewöhnlich übersehen und oft auch in ihrer Wirkung unterschätzt wird. Es ist dies die Condensation von Wasserdampf aus der durch die kältere Füllung streichenden höher temperirten Luft der darunter gelegenen Etage. Aus den Untersuchungen von VOIT, FORSTER, RECKNAGEL u. A. ist bekannt, dass in gewöhnlichen Wohnhäusern grosse Mengen Luft und Feuchtigkeit durch die Zwischendecken von Etage zu Etage emporsteigen. Wenn die Luft aus den Wohnräumen der unteren Etage in den Deckenraum gelangt, dann wird sich, falls das Füllmaterial eine niedrigere Temperatur hat als die Luft des darunter gelegenen Wohnraumes, Wasser condensiren. Falls nun pro Tag, was leicht möglich ist, 540 Cbm. Luft von 20° C. und einer relativen Feuchtigkeit von 70% durch den darüber liegenden Fehlboden, welcher eine Temperatur von 10° C. hat, hindurchströmen, so verliert sie im Tage 1560 gr. Wasser und in einem Monat würde dadurch der Fehlboden mit 47 Liter und in 1 Jahr mit 564 Liter Wasser durchfeuchtet werden.

PÖTSCH [1]) hat mehrere Fälle beschrieben, in welchen allein durch Wasserdampf-Condensation eine bedeutende Durchfeuchtung von Decken-Füllungen eingetreten ist.

Leider sind bis jetzt Versuche über die oberen und unteren Grenzen des Wassergehaltes, bei welchen eine Vermehrung der Spaltpilze im Boden überhaupt noch möglich ist, nicht angestellt worden. Immerhin aber scheint die Angabe von NÄGELI richtig zu sein, dass die Bodentheilchen mit tropfbar flüssigem Wasser umgeben sein müssen, um die Vermehrung der Spaltpilze zu ermöglichen.

Die obigen Angaben liefern den Beweis, dass diese Anforderung im Fehlboden der meisten Wohngebäude, wenn auch nur zu gewissen Zeiten und an beschränkten Stellen, erfüllt sein wird.

4. *Fäulniss und Zersetzungsprocesse im Fehlboden und ihr Einfluss auf die Gesundheit der Bewohner.*

Von Alters her (HIPPOCRATES, DIODOR etc.) hat man die Fäulniss als Hülfsursache oder als directe Veranlassung von Krankheiten angesehen. Diese alte, aber auch von der neueren Medicin vertretene Lehre ist durch die Bacteriologie erklärt und genauer präcisirt worden.

1) Zeitschrift für pract. Baukunde, 14. Jahrg. S. 150.

Flügge und Wissokowitsch haben gezeigt, dass Bacterien, welche für die betreffende Thierspecies ganz sicher nicht pathogen waren, unter dem Einfluss giftiger Zersetzungsproducte von Fäulnissbacterien in das hierdurch geschwächte Gewebe eindringen können.

Monti[1]) hat beobachtet, dass gewisse unvollständig abgeschwächte Bacterien den vollen Virulenzgrad wieder erlangen können, wenn mit ihnen zusammen die Producte der Culturen von Fäulnissorganismen (Proteusarten) den Thieren eingeimpft werden. Monti hat diese Thatsache für die Fränkel'schen Pneumoniecoccen, für die pyogenen Streptococcen und den Staphylococcus pyogenes aureus festgestellt. Die von Monti beobachtete Thatsache ist von Bedeutung und vermag wohl den Einfluss der Fäulnissprocesse auf die Genesis gewisser Infectionskrankheiten (wie Kindbettfieber, Lungenentzündung, Septicämie etc.) zu erklären. Die Arbeiten von Nencki, Gautier, Selmi und Brieger haben die Möglichkeit einer Autoinfection mit Fäulnissgiften vom Darm aus oder einer Intoxication durch ausserhalb des Körpers enstandene gasförmige Fäulnissproducte dargethan, so dass, wie Hueppe[2]) sagt, Niemand ernstlich die Fäulniss als eine mögliche Hülfsursache für Infectionskrankheiten bestreitet, sei es, dass diese Toxen in Lösung vom Darm oder von Wunden aus oder in Gasform von den Lungen als Fäulniss-, Gefängniss-, Wohnungs-, Cloaken- oder Sumpfgase zur Wirkung kommen.

Im Hinblick auf Monti's Untersuchungen wäre es denkbar, dass die pathogenen Bacterien dadurch virulenter werden, dass sie sich mit Fäulnissbacterien im gleichen natürlichen Substrat befinden oder sich darin neben denselben vermehren.

Bei Beurtheilung der Ausdehnung und Intensität der durch Fäulnissbacterien veranlassten Zersetzungsvorgänge im Fehlboden waren wir bis vor Kurzem auf die quantitative Bestimmung der Zersetzungsproducte organischer Stoffe (Salpetersäure, Ammoniak, Kohlensäure, Alkoholextract etc.) angewiesen.

Die durch R. Koch verbesserten bacteriologischen Methoden machten es möglich, nicht nur die Zahl der Bacterien in der Zwischendeckenfüllung zu ermitteln, sondern auch die Anzahl der Arten festzustellen, und die Biologie derselben, sowie die Wirkung ihrer Stoff-

---

1) Influenza dei prodotti tossici dei saprofotti sulla restituzione della virulenza ai microparasiti attenuati (Atti della R. Academia dei Lincei vol. V. 1889 fasc. 7.)

2) Näheres über den gegenwärtigen Stand dieser Lehre siehe in Ferd. Hueppe: Ueber Beziehungen der Fäulniss zu den Infectionskrankheiten. Berliner klinische Wochenschrift, 1887 S. 721 etc.

wechselproducte auf den menschlichen und thierischen Organismus zu studiren.

Derartige Untersuchungen sind jedoch bis jetzt nur von Wenigen ausgeführt worden und jedenfalls behalten neben denselben die chemischen Untersuchungen ihren vollen Werth.

Namentlich ist die Bestimmung der Kohlensäure der Wohnungsluft bei Abwesenheit der Bewohner ein Maass für den Umfang und die Energie der Lebensthätigkeit der Spaltpilze im Fehlboden und sie setzt uns in den Stand, die Salubrität der Wohnung in dieser Richtung zu beurtheilen.

Die Untersuchung zeigt, dass im Fehlboden bewohnter Räume Zersetzungsvorgänge ablaufen, mit einer Rapidität und in einem Umfange, gegen welche die Intensität der Zersetzungsprocesse im imprägnirten Untergrund der Städte weit zurückstehen. Diejenigen Endproducte der Zersetzung organischer Stoffe, welche der Untersuchung leicht zugänglich sind und deren Quantität mit grosser Genauigkeit festgestellt werden kann, sind Salpetersäure und salpetrige Säure, Ammoniak und Kohlensäure.

Auch die Bestimmung der Gesammtmenge stickstoffhaltiger Zersetzungsproducte (Alkoholextract) ist nicht ohne Werth.

Die Thatsache, dass sich im Fehlboden der Wohnhäuser Salpetersäure bildet, ist schon lange bekannt und praktisch verwerthet worden.

In Ungarn laugt man die Füllerde von Wohnhäusern der ärmeren Klasse, über welcher kein Dielenboden sich befindet, aus, und gewinnt daraus grosse Mengen sogenannten Gaysalpeters.

In den dürftigen Hütten der Bewohner von Funchal und Cama dos Lobos (Madeira) sah ich den Salpeter in den Ecken und in der Nähe der Wände die Spalten zwischen den kleinen Steinchen ausfüllend, mit welchen der Fussboden der dichtbewohnten engen Räume gepflastert ist.

In der Füllerde unserer Wohnräume kann der Salpetergehalt, bis auf 19 Gr. pro Liter steigen. Von Wichtigkeit ist die Thatsache, dass der Fehlboden des Parterre durchweg grosse Mengen von Nitraten enthält, während dieselben in den Wohnräumen der höheren Etagen nur stellenweise, besonders in den Küchen auftreten.

Da die Nitrification nach den Untersuchungen von SCHLÖSING u. A. durch bestimmte niedere Pilze, besonders durch Spaltpilze bewirkt wird, so deutet das herdweise Vorkommen der Nitrate in den Deckenfüllungen darauf hin, dass an den betreffenden Stellen des Zimmers die Bedingungen für die Lebensthätigkeit, Ent-

wickelung und Vermehrung gewisser Spaltpilze besonders günstig sind oder früher einmal günstig waren.

Durch Untersuchungen von PETRI wurde festgestellt, dass die Bacillen der Cholera asiatica das Vermögen Nitrate, zu Nitriten zu reduciren, in höherem Maasse besitzen, als alle in dieser Richtung untersuchten saprophitischen und pathogenen Bacterien, den Proteus mirabilis ausgenommen. Wenn also der Verdacht vorliegt, dass in einem bestimmten Zimmer ein Cholera-Infectionsherd vorhanden ist, so könnte wohl auch die Bestimmung der Nitrate und Nitrite in der von verschiedenen Stellen entnommenen Zwischendeckenfüllung Anhaltspunkte zur Auffindung der Cholerabacillen und damit zur Erweiterung unserer Kenntnisse über die Verbreitungsweise der Cholera bieten.

Wie energisch und umfangreich die Lebensthätigkeit nitrificirender Spaltpilze im Fehlboden sein kann, zeigt zur Genüge die Thatsache, dass in der Fussboden-Unterfüllung eines einzigen Parterrezimmers des Hauses Nr. 16 der Querstrasse in Leipzig 342 Kilo, also nahezu 7 Centner Salpetersäure vorhanden waren.

Zur Bestimmung der Quantität der stickstoffhaltigen Zersetzungsproducte, sind in der folgenden Tabelle die Mengen derselben, welche FLECK in den am stärksten verunreinigten Bodenproben des Dresdener Stadtbodens ermittelte, mit denjenigen zusammengestellt, welche ich in der Parterrefüllung des Hauses Nr. 16 der Burgstrasse gefunden habe.

Ein Liter Boden enthielt Gramme Alkoholextract:

	Dresdener städtischer Untergrund	Leipziger Fehlboden aus dem Parterre Burgstr. 16
Canalgasse Nr. 28	0,39	18,94
Pragerstrasse Nr. 6	0,54	21,35
Weisseritzstrasse Nr. 25 . . .	0,69	26,11
Pillnitzerstrasse	1,10	29,33
Wilsdrufferstrasse	1,24	31,12
Palmstrasse Nr. 15	2,65	32,05

Die Menge der stickstoffhaltigen Zersetzungsproducte im städtischen Untergrund, unmittelbar unter durchlässigen Schleusen, ist somit verschwindend klein gegenüber der grossen Quantität des Alkoholextractes aus dem Fehlboden bewohnter Gebäude.

Der Procentgehalt der organischen Substanz des Fehlbodens an stickstoffhaltigen Zersetzungsproducten (Alcoholextract) entspricht in den meisten Fällen genau demjenigen, welcher in der humusähnlichen Masse, die man in den Körperhöhlen vollkommen verwester Leichen

findet, von Professor Dr. F. HOFMANN constatirt wurde, d. h. er beträgt im Parterre 20—25 Proc.

An einigen Stellen des Fehlbodens ist derselbe noch höher und erreicht sogar die Grösse von 40—50 Proc., so dass also die Hälfte der organischen Stoffe in einem weit fortgeschrittenen Stadium der Zersetzung sich befindet.

Der Gehalt des Fehlbodens an Salpetersäure und in Alcohol löslichen Bestandtheilen gibt uns ein Bild von den früher stattgehabten Zersetzungsvorgängen.

Ein vorzügliches Mittel, um die Intensität der momentanen Zersetzungen zu beurtheilen, ist die Bestimmung der Kohlensäure, welche in Folge der Lebensthätigkeit der Fäulnisspilze und der Zersetzung organischer Stoffe im verunreinigten Fehlboden entsteht

Derartige Bestimmungen, welche im Universitätsgebäude zu Leipzig, dessen Hörsäle während der achttägigen Pfingstferien dem Zutritt verschlossen waren, ausgeführt wurden, ergaben das in der folgenden Tabelle zusammengestellte Resultat.

Kohlensäuregehalt der Zimmerluft pro Mille bei 0 °C. und 760 mm. Barometerstand.

	Ort der Probeentnahme	CO_2-Gehalt am 9. Juni 81	CO_2-Gehalt am 11. Juni 81	Differenz zwischen dem CO_2-Gehalt vom 9. u. 11. Juni
	Keller	0,636	0,844	+ 0,208
Parterre	Zimmer des Castellans	0,669	0,690	+ 0,021
	Bibliothekzimmer im Parterre	0,670	0,746	+ 0,076
	Pissoir, Parterre	0,673	0,732	+ 0,059
1. Etage	Saal Nr. 2 am Fussboden	0,566	0,970	+ 0,404
	„ „ 2 an der Decke	0,589	0,676	+ 0,067
	„ „ 3 Fussboden am Ofen	0,975	1,391	+ 0,416
	„ „ 3 Fussboden am Katheter	0,508	1,180	+ 0,672
	„ „ 3 an der Decke (Ofen)	0,858	0,920	+ 0,062
	„ „ 5 am Boden	0,650	0,530	— 0,120
	„ „ 5 nahe der Decke	0,644	0,516	— 0,128
	„ „ 6 am Fussboden	0,480	0,109	+ 0,329
	„ „ 7 am Fussboden	0,480	1,035	+ 0,555
	„ „ 7 nahe der Decke	0,914	1,002	+ 0,088
2. Etage	„ „ 8 Fussboden am Katheter	0,666	0,607	— 0,059
	„ „ 8 an der Decke [Katheter] (grosser Hörsaal)	0,593	0,600	+ 0,007
	Saal Nr. 9	0,857	0,667	— 0,190
	„ „ 10 (kunsthistor. Apparat)	0,595	0,798	+ 0,595
	Abtritt über 1 Stiege	0,584	0,629	+ 0,045
	Pissoir über 1 Stiege	0,537	0,583	+ 0,046
	Abtritt über 2 Stiegen	0,907	1,209	+ 0,302

Am 5. Juni 1881 waren sämmtliche Räume durch das Oeffnen der Fenster gründlich gelüftet worden. Vom 6. Juni an blieben alle Fenster und Thüren bis zur Beendigung der Versuchsreihe geschlossen.

Nachdem die ersten Kohlensäurebestimmungen am 9. Juni vorgenommen waren, wurden dieselben nach 2 Tagen (am 11. Juni), während deren die Thüren und Fenster der Säle geschlossen waren, wiederholt. Nur im Keller, im Castellanszimmer und vielleicht auch im Bibliothekraum konnte Grundluft vorhanden sein, während die Lage der übrigen Zimmer derart ist, das ein Einfluss der Grundluft, sowie jeder anderen Luftverunreinigungsquelle sicher ausgeschlossen werden kann, so dass die Zunahme im Kohlensäuregehalt zwischen dem 9. und 11. Juni ausschliesslich auf die Fäulnissprocesse im Fehlboden zurückgeführt werden muss. Dies beweist auch die Thatsache, dass der CO_2-Gehalt der obersten Luftschichte, an den Zimmerdecken, durchweg wesentlich geringer war als derjenige der untersten Luftschichte am Fussboden. Die höchste CO_2-Zunahme wurde im Saal Nr. 3 beobachtet, was daher rührt, dass dieser Saal nach der CO_2-Bestimmung am 9. Juni aufgewaschen und dadurch der Fehlboden mässig angefeuchtet wurde.

Die durch die Zersetzungsvorgänge im Fehlboden bedingte CO_2-Zunahme in den Sälen ist eine sehr bedeutende, obgleich durch natürliche Ventilation eine grosse Menge reiner atmosphärischer Luft in die Zimmer diffundirt sein muss.

Es kann also ausschliesslich durch die Zersetzungsvorgänge im Fehlboden die Zimmerluft in so hohem Grade verunreinigt werden, das diesselbe als schlecht und für einen längeren Aufenthalt als untauglich und gesundheitsschädlich erklärt werden muss.

Wir dürfen nämlich den von v. Pettenkofer eruirten Grenzwerth für gute Luft von 0,7 pro mille unbedenklich auch für die durch Zersetzungsvorgänge im Fehlboden verursachte Luftverderbniss substituiren, da sich unzweifelhaft neben der Kohlensäure auch organische Gase bei den im Fehlboden vor sich gehenden Fäulnissprocessen entwickeln.

Jedermann kennt die unangenehmen modrigen „muffelnden“ Gerüche, die in Wohnräumen nach dem Aufwaschen des Fussbodens entstehen. Nach Untersuchungen von Rullmann und mir ist derselbe auf die Lebensthätigkeit eines in Deckenfüllungen oft vorhandenen, der Cladothrix nahestehenden Spaltpilzes zurückzuführen. Mitunter beobachtet man in sehr alten Gebäuden einen deutlichen Fäulnissgeruch, der demjenigen, der sich in Abtrittsröhren entwickelt, nicht unähnlich ist.

Auch im Saal Nr. 2, Nr. 6, Nr. 7 und Nr. 10 war vom 9. auf 11. Juni eine beträchtliche CO_2-Zunahme (von 0,4, 0,3, 0,555 und 0,6 pro mille) eingetreten.

In jedem dieser Säle war die durch die Zersetzungen im Fehlboden bedingte Kohlensäureproduction grösser als die Kohlensäuremenge, welche sich im Abtritte über 2 Stiegen, bei offenem Abtrittsschlotte entwickelte; denn die Kohlensäurebestimmung in der Luft dieses Abtrittes ergab zwischen dem 9. und 11. Juni nur eine Zunahme von 0,302 pro mille.

Diese von mir schon im Jahre 1881 ausgeführten Untersuchungen wurden neuerdings durch ähnliche Versuche, welche V. Budde[1]) in einem Krankenhause Kopenhagens ausgeführt hat, in jeder Beziehung bestätigt, ein Beweis, dass diese Schädlichkeit der Luftverderbniss, welche durch die Lebensthätigkeit von Mikroorganismen in unreinen Zwischendecken-Füllungen verursacht wird, sehr verbreitet ist und überall in den Wohnungen ihre Wirkungen äussert. Budde untersuchte den Luftwechsel in einem Zimmer von 50,3 Cbm. Volumen, „dessen Wände und Decke mehrmals mit Oelfarbe gestrichen und in welchem alle Fugen und Ritzen im Fenster und neben der Thür sorgfältig mit Kitt gedichtet waren. Dagegen war der Fussboden nicht gestrichen und gedichtet, so dass die Hauptmenge der nach den Wegen der „natürlichen" Ventilation eindringenden Luft durch den Fussboden gehen und die luftförmigen Emanationen vom Zwischendeckenmaterial mitreissen musste." Dieses Zimmer war, wie die übrigen des gleichen Gebäudes (Krankenhaus in Kopenhagen) in der Weise ventilirt, dass die Luft vom Boden durch eine 15,5 Cm. weite runde Oeffnung durch zwei von einer Dampfmaschine getriebene Centrifugalventilatoren abgesaugt und in einen hohen Schornstein hinausgetrieben wurde. Die Frischluft strömte durch ein 10 cm. weites rundes Rohr am Dampfofen ein.

Budde fand nun, dass, wenn man aus diesem Zimmer mit undichtem Fussboden, aber impermeablen Wänden und genau schliessenden Thüren und Fenstern eine grössere Luftmenge durch Absaugung entfernt als die, welche in demselben Zeitraum durch den Frischluft-

1) Versuche über die Verunreinigung der Luft in bewohnten Räumen durch undichte Fussböden bei verschiedenen Modalitäten der Lufterneuerung. Zeitschrift für Hygiene Band XII, 1892 S. 227 u. s. w. Da meine Ausführungen, welche lediglich auf die, durch umfangreiche Untersuchungen erhaltenen Zahlen gestützt sind, von Fachgenossen allerdings nur „unter vier Augen" als zu weitgehend und übertrieben bezeichnet wurden, so muss auf die Bestätigungen Budde's, als objective Thatsachen für die Richtigkeit meiner Darstellung besonders aufmerksam gemacht werden.

canal hereinströmt, mit der abgesaugten Luft eine grössere Kohlensäuremenge entfernt wird, als die, welche in derselben Zeit im Zimmer producirt wird und in der, der Menge der Ventilationsluft entsprechenden Quantität, Aussenluft enthalten ist. Dieser Unterschied lässt sich nur durch eine Einströmung von Kohlensäure durch den undichten Boden von dem unreinen Zwischendeckenmaterial und eventuell von einem darunter belegenen Raume erklären.

Dass dieser Ueberschuss von Kohlensäure wirklich von den im Zwischendeckenmaterial vor sich gehenden Zersetzungen organischer Stoffe herrührte, dafür sprechen folgende Thatsachen: 1) Dass das Zimmer längere Zeit vor dem Versuch nicht bewohnt und ventilirt war, so dass sich CO_2 in der Zwischendeckenfüllung anhäufen konnte, 2) dass beim ersten Versuch der erwähnte Ueberschuss an CO_2 grösser war als bei den am gleichen Tage folgenden. Die Untersuchungsergebnisse sind folgende:

Versuch:	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.
	am 28., 29. u. 30. Jan.				am 5. u. 6. Februar			
Der berechnete CO_2-Gehalt in Volum pro Mille	0,73	0,73	0,63	0,63	0,69	0,69	0,60	0,61
Der mitten im Zimmer gefundene CO_2-Gehalt in Volum pro Mille	1,33	1,01	0,94	0,95	1,02	0,99	0,86	0,76

Die durch die Zersetzungsvorgänge organischer Substanz in der Zwischendeckenfüllung bedingte CO_2-Zunnahme bewegt sich somit in denselben Grenzen wie bei meinen vor 12 Jahren im Universitätsgebäude von Leipzig ausgeführten Versuchen. Ich fand als Maximum der durch die Zwischendeckenfüllung bedingten CO_2-Zunahme 0,67 pro Mille und Budde fast genau die gleiche Zahl, nämlich 0,60 pro Mille, wozu bemerkt werden muss, dass in dem von mir untersuchten Zimmer der fugenreiche Fussboden 2 Tage vor Ausführung der CO_2-Bestimmung aufgewaschen und dadurch die Fehlbodenfüllung leicht angefeuchtet worden war, wodurch die Lebensthätigkeit der Saprophyten und die durch dieselbe bedingte Zersetzung organischer Substanz vermehrt wurde.

Budde hat auch die Gesammtmenge der Kohlensäure, welche in einer bestimmten Zeit (Stunde) durch den undichten Fussboden aus der Zwischendeckenfüllung in das Zimmer zuströmte, berechnet und dabei die folgenden überraschend hohen Werthe erhalten:

Versuch:	1	2	3	4	5	6
Die durch den Fussboden eingeströmte CO_2 in Litern pro Stunde	166	31	61	44	94	44

Diese CO_2-Einströmung repräsentirt, wie BUDDE mit Recht hervorhebt, „eine bedeutende Quelle zur Verunreinigung der Atmosphäre des Zimmers“, denn gleichzeitig mit der Kohlensäure entwickeln sich im Fehlboden auch andere gasförmige anorganische und organische Stoffwechselproducte der Bacterien, welche möglicherweise einen grösseren oder geringeren Grad von Giftigkeit oder Schädlichkeit für den Menschen besitzen, jedenfalls aber zum Theil durch ihren Geruch sehr unangenehm werden können.

BUDDE macht zugleich in ganz zutreffender Weise darauf aufmerksam, dass man diese Einströmung von Kohlensäure u. s. w. von unten her „am besten durch die Anwendung von impermeablen Fussböden oder wenigstens von einem reinen und desinficirenden Zwischendeckenmaterial verhindern könne und dass es sehr wichtig ist, dass der Unterdruck in einem künstlich ventilirten Raume, der eine Einsaugung von den im Zwischendeckenraume angesammelten luftförmigen Emanationen bewirken kann, so klein als möglich wird.“

Die von BUDDE geschilderten Verhältnisse zeigen zugleich, welche grossen Unzuträglichkeiten in Kranken- oder Wohnzimmern durch die Herstellung impermeabler Wände verursacht werden können; da in diesen Fällen alle durch natürliche Ventilation eindringende Luft ihren Weg durch die, namentlich in älteren Gebäuden mit undichtem Fussboden, stets stark verunreinigten und oft auch inficirten Zwischendecken nehmen muss.

Ausser Kohlensäure, Ammoniak u. s. w. entwickeln sich bei den Fäulnissvorgängen im Fehlboden sehr oft auch mehr oder weniger penetrant riechende Gase. MICHAELIS [1]) konnte das Vorhandensein stinkender Fäulniss im Fehlboden öfters constatiren. Derselbe macht darauf aufmerksam, dass die alkalische Reaction der Krusten und Kuchen, welche sich so häufig unter den Fugen der Fussbodendielen auf der Füllung finden, die Entwickelung der Saprophyten begünstigt. Bei denselben ist auch die Beimischung von Bodentheilchen so gering, dass die desodorisirende Wirkung derselben fehlt. Diese Krusten und Kuchen sind deshalb häufig die Ursache übler Gerüche in Wohnungen. Der specifische Gestank tritt besonders deutlich beim Abdestilliren des wässerigen Auszugs dieser Massen hervor. Im Destillat fand MICHAELIS Fettsäuren und Ameisensäure.

Auch VALLIN [2]) hat interessante Mittheilungen über den Geruch

1) Der Fussboden der Kaserne. Internationale Revue über die gesammten Armeen und Flotten. Berlin 1883. I. Band, p. 49.

2) Rev. d'hygiene, 1888, p. 952.

der Zimmer, sowie über die Ursache und Verhütung desselben gemacht.

Wenn ein Kasernenzimmer den ganzen Tag unbenützt blieb, die Fenster aber seit der Reveille geöffnet waren, dann genügt es, wie VALLIN ausführt, eine Viertelstunde lang die Fenster zu schliessen, selbst vor der Rückkehr der Mannschaft, um das Wiederauftreten jenes faden, wiederwärtigen Geruches hervorzurufen, der für die Collectivwohnungen charakteristisch ist. Hauptsächlich, wenn nicht ausschliesslich dringt derselbe aus dem Fussboden, was dadurch bewiesen wird, dass er in Zimmern der gleichen Kaserne, welche cementirten Fussboden haben, kaum bemerkbar ist. Der aus Fichtenholz bestehende Fussboden wird imprägnirt mit den an den Stiefeln der Mannschaft aus Hof und Stall hereingebrachten Schmutz, mit Nährflüssigkeiten und Abfällen und mit dem Spritzwasser, das vor dem täglichen Kehren angewendet wird. Der Wechsel von Feuchtigkeit und Trockenheit erzeugt Fugen zwischen den Brettern, und diese Ritzen werden zum Zufluchtsort aller verfaulenden Abfälle, in welchen lebende Organismen ihre Thätigkeit entfalten. Die durch das Gehen erzeugten Erschütterungen verursachen ohne Unterlass ganze Staubwolken, welche auf das von der Mannschaft gefasste Brod niederfallen und jede Oberfläche bedecken. Diese fortgesetzte Imprägnirung des Fussbodens macht ihn wahrscheinlich zu einem der Vermehrung von Mikroorganismen und der Andauer von Hausepidemieen (Masern, Diphtherie, Mumps u. s. w.) günstigen Terrain und zu einer Quelle von ekelhaften Gerüchen, welche die Widerstandsfähigkeit des Körpers herabsetzen.

5. *Die Verunreinigung und die Mikroorganismen der Zwischendecken-Füllung als Krankheitsursache.*

1. Statistische Untersuchungen und epidemiologische Erfahrungen.

CARNELLEY, HALDANE und ANDERSON [1]) haben gezeigt, dass die Luft in Wohnungen mit einem Zimmer, besonders in Bezug auf die Anzahl der Mikroorganismen, schlechter ist, als in Wohnungen mit 2, 3 und mehr Zimmern, ferner dass die Zahl der Todesfälle in ersteren ebenfalls beträchtlicher ist und dass das mittlere Durchschnittsalter herabsinkt. Aus den Untersuchungen von ETTA JOHN-

1) Philosophical Transactions of the Royal Society Vol. 178 (1887) und Procedings of the Royal Society for June 12 th. 1887.

2) Effect of Floor-Deafening on the Sanitary Condition of Dwelling Houses. Procedings of the Royal Society Vol. 45. 7. Febr. 1889.

STONE und THOS. CARNELLEY[2]) geht nun, wie die folgende Tabelle zeigt, hervor, dass die hygienische Beschaffenheit, resp. die Verunreinigung der Zwischendeckenfüllungen eine ähnliche Ordnung innehält.

	Stadt Dundee	Wohnungen mit: 4 Zimmer und mehr	3 Zimmer	2 Zimmer	1 Zimmer
Lebensstatistik	Gesammt-Bevölkerung	23,007	22,087	79,825	25,410
	Durchschnittszahl der Personen pro 1 Zimmer	1,3	—	3,4	6,6
	Raum für 1 Person in Cubikmetern . . .	52,0	—	7,1	6,0
	Todesfälle pro Tausend	12,3	17,02	18,8	21,4
	Mittleres Durchschnittsalter aller Gestorbenen	40,0	30,06	21,3	20,9
Luftbeschaffenheit	Kohlensäure vol. pro mille	7,7	—	9,9	11,2
	Oxydirbare organische Stoffe (Sauerstoff per Million Luftvolumen)	4,5	—	10,1	15,7
	Mikroorganismen pro Liter	9,0	—	46,0	60,0
Beschaffenheit des Fehlbodens	Grobe Bestandtheile der Füllung Proc. . .	63,40	63,82	40,48	35,25
	Feine Bestandtheile der Füllung Proc. . .	36,60	36,18	59,52	64,75
	Organische Stoffe Proc.	4,53	5,84	5,42	12,10
	Chlor "	0,006*)	0,012	0,081	0,195
	Stickstoff "	0,026*)	0,032	0,209	0,300

Diese Concidenzen machen es wahrscheinlich, dass zwischen der Fehlbodenverunreinigung und der grösseren Sterblichkeit, sowie den geringeren Durchschnittsalter in den 1 und 2 Zimmer-Wohnungen causale Beziehungen bestehen.

Die Sterblichkeit in den 1 und 2 Zimmerwohnungen wird gewiss durch verschiedene hygienische und sociale Factoren beeinflusst.

Die Wahrscheinlichkeit aber, dass zu diesen Factoren auch die Verunreinigung der Zwischendecken gehört, wird noch grösser durch die Thatsache, dass nach meinen zahlreichen Untersuchungen auch die Verunreinigung des Fehlbodens in den verschiedenen Etagen ein und desselben Gebäudes der grösseren oder geringeren Sterblichkeit, welche sich für die einzelnen Etagen ergeben hat, entspricht.

Je grösser die Zahl der Bewohner und die Unreinlichkeit in den Wohnungen ist und jemehr Krankheitsfälle darin schon vorgekommen sind, um so grösser ist bei der bisher gebräuchlichen für Flüssigkeiten leicht durchlässigen Fussbodenconstruction, die Verunreinigung und die Infection der Zwischendecken-Füllung mit pathogenen Bacterien, unter welchen einige, wie die Tubercelbacillen, die Tetanusbacillen, Eiterung-erregenden Bacterien etc. ziemlich lange im trockenen Zustand auf und in der Füllung conservirt werden.

Der Verunreinigungsgrad der Zwischendecken lässt sich am besten nach dem Kochsalzgehalt beurtheilen.

Dementsprechend wurden aus jedem Zimmer der einzelnen Etagen zweier Wohngebäude (Burgstrasse 16 und Querstrasse Nr. 19 in Leipzig) zahlreiche Fehlbodenproben entnommen, der Kochsalzgehalt bestimmt, das arithmetische Mittel des Kochsalzgehaltes der Fehlbodenproben für jede Etage ermittelt und die Zuverlässigkeit desselben durch Berechnung der mittleren quadratischen Abweichung geprüft u. s. w.

Nach dem Resultat dieser Untersuchungen und Berechnungen besteht kein Zweifel, dass in den beiden untersuchten Häusern der Kochsalzgehalt des Parterre-Fehlbodens grösser ist, als derjenige des Fehlbodens aller übrigen Etagen.

Weiterhin besteht eine grosse Wahrscheinlichkeit (98, 93 resp. 99%) dass der Kochsalzgehalt der Zwischendeckenfüllungen der 3. Etage grösser ist, als derjenige des Fehlbodens der 1. bezw. 2. Etage. Nur bei dem Hause der Querstrasse ist diese Wahrscheinlichkeit geringer (71, 8%), wobei zur Taxirung dieser Wahrscheinlichkeit zu bemerken ist, dass der Gewissheit ein Wahrscheinlichkeitswerth von 100% entspricht, während die geringste Wahrscheinlichkeit, dass einem grösseren, wahrscheinlichen arithmetischen Mittel ein grösseres wirkliches Mittel entspricht, 50% ist.

Da nun die beiden untersuchten Häuser als Typen städtischer Wohnhäuser, so zu sagen als Durchschnittshäuser betrachtet werden müssen, so ist es in hohem Grade wahrscheinlich, dass sich die Verunreinigung städtischer Wohnhäuser und dem oben Erwähnten entsprechend auch die Infection mit pathogenen Bacterien in ähnlichem Sinne verhalten wird, d. h. die Füllerde der Parterre-Räume wird bei den meisten städtischen Wohngebäuden stärker verunreinigt sein als diejenigen der übrigen Etagen und die Verunreinigung der 3. bezw. 4. Etage wird grösser sein, als die Imprägnirung des 1. und 2. bezw. 3. Stockwerkes.

Es ist nun von grossem Interesse die arithmetischen Mittel für den Kochsalzgehalt der Füllerde in den einzelnen Etagen mit den Zahlen zu vergleichen, welche sich für die Sterblichkeit in den verschiedenen Stockwerken städtischer Wohnungen ergeben haben. In der folgenden Tabelle sind hierzu die Zahlen benützt, welche Prof. SCHWABE[1]) für die Mortalität in den einzelnen Etagen der Wohngebäude in Berlin erhalten hat.

1) Prof. SCHWABE: Einfluss der verschied. Wohnungen auf die Gesundheit, soweit es sich statistisch nachweisen lässt. Deutsche Vierteljahrsschrift für öff. Gesundheitspfl., 1875, Bd. VII, 73.

Von 1000 Lebenden starben		Arithmetisches Mittel des Kochsalzgehaltes der Fehlbodenfüllungen: Burgstrasse 16	Querstrasse 19
im Keller	25,3	—	—
im Parterre	22,0	6,56	4,90
im 1. Stock	21,6	2,00	2,58
im 2. Stock	21,8	1,52	2,07
im 3. Stock	22,6	3,02	2,31
im 4. Stock und höher .	28,2	4,02	—

Diese Zahlen zeigen in der That sehr entschieden, dass ein Parallelismus insofern besteht, als einer stärkeren Verunreinigung der Zwischendecken im Parterre, 3. und 4. Stock, eine grössere Sterblichkeit in genannten Etagen entspricht, während die Stockwerke mit dem reinsten Fehlboden, das 1. und 2., auch die gesundesten sind.

Selbstverständlich müssen über diese Verhältnisse an anderen Orten besondere und möglichst zahlreiche Untersuchungen ausgeführt werden, wenn man einen Einblick in die Salubritäts- und Gesundheitszustände der Wohngebäude gewinnen will.

Abgesehen von den Einfluss, welchen die Verunreinigung der Zwischendecken auf die Sterblichkeit im Allgemeinen ausübt, zeigt die epidemiologische Erfahrung, dass bei Typhus und Cholerainfectionen, ganz besonders aber bei der Entstehung von Wundinfectionskrankheiten, Erysipel, Puerperalfieber, sowie Hausepidemien von croupöser Pneumonie, Diphtherie, bei Weiterverbreitung der Tuberculose und einer Reihe anderer Infectionskrankheiten, die Zwischendecken von ätiologischer Bedeutung sind.

Butter, Paur u. A. namentlich aber Michaelis haben die Richtigkeit dieser Lehre durch beweiskräftige Beobachtungen unterstützt.

In meiner Abhandlung über die Verunreinigung der Zwischendecken[1]) habe ich eine grössere Anzahl von Typhus-Hausepidemien angeführt, deren Entstehung durch genaue Untersuchungen auf die Verunreinigung und Infection der Zwischendecken zurückgeführt werden konnte.

Die grosse Wahrscheinlichkeit, mit welcher man schon damals auf Grund von epidemiologischen Beobachtungen annehmen konnte, dass bei Typhus- Hausepidemien der Infectionsherd sehr oft in den Zwischendecken gelegen ist, wurde durch die folgenden neueren Beobachtungen nahezu zur Gewissheit.

In erster Linie ist eine Beobachtung und Untersuchung von Butter[2]) zu erwähnen, durch welche der Beweis für die Richtigkeit der erwähnten

1) l. c. p. 351 etc.

2) VIII., XI. und XII. Jahresbericht des Landes-Medicinal-Collegiums über das Medicinalwesen im Königreiche Sachsen, S. 42, 41 u. 37.

Annahme, soweit dies durch epidemiologische Untersuchungen möglich ist, erbracht wurde.

In einem Gehöfte des Dorfes Hohburg, welches durchaus nicht die Lage und den Boden eines Typhushauses hatte, da es am Ende des Dorfes, auf Lehm und höher als alle anderen lag, brach im Jahre 1874 eine schwere Typhusepidemie aus, während im Jahre 1872 und 1873, zu welcher Zeit der Typhus in Hohburg und namentlich in den dem Gehöfte benachbarten Häusern epidemisch herrschte, das letztere ganz verschont geblieben war. Vom Jahre 1874 bis Ende 1876 erkrankten 15 Personen in diesem Hause an Abdominal-Typhus. Im Juli 1874 erkrankte eine kurz vorher zugangene Magd an Typhus. Ihr folgten im Oktober die 20-jährige Tochter und der 25jährige Sohn des Besitzers, welch' letzterer starb, im November der zweite Sohn, im Dezember ein Knecht, im Januar 1875 die Mutter mit tödtlichem Ausgang, im Februar ein erst im Januar neu eingestellter Knecht und eine ebenso kurz bedienstete Magd und im März ein zweiter Knecht; dann erkrankte nach viermonatlicher Pause im August der während der Schulferien heimgekehrte 13jährige Sohn. Hiemit schien die Hausepidemie erloschen. Da nunmehr alle Bewohner des Hauses erkrankt und durchseucht waren. Aber mit Neujahr 1876 zogen zwei neue Dienstboten, ein Knecht und eine Magd an und es erkrankte der eine am 28. Januar, die andere am 4. Februar an Typhus. Dann wurde ein naher Verwandter, der in einem typhusfreien Dorfe wohnte, aber im Mai und Juni zu Besuch im Hause war, sowie auch zwei Zimmerleute, die einem Monat lang im Innern des Wohnhauses beschäftigt waren, von der Krankheit ergriffen, der eine Ende Juni, der andere Mitte August, der Verwandte im Juli. Die beiden letzteren starben.

Das Haus war nun gefürchtet und Niemand wollte sich finden, der bereit gewesen wäre an Stelle der Todten zu treten.

Es wurde eine ausgiebige Desinfection der Wohn- und Schlafräume und ihres Inhaltes, sowie die Schliessung des Brunnens durchgeführt, obgleich der letztere nicht mehr als 310 mgr. gelöste Stoffe und nur 46 mg. Chlor pro Liter Wasser enthielt.

Alles das half nichts. Im Jahre 1878 erkrankte wiederum ein vor Kurzem eingestellter Knecht und 1879 die junge Frau des Besitzers, der wieder geheirathet hatte, sowie eine Magd, beide wenige Wochen nach ihrem Einzuge an schwerem Typhus.

Nach gründlicher Untersuchung des Gebäudes kam Dr. Butter zur Ueberzeugung, dass die Ursache der Typhusinfectionen in der Wohnstube des Gutes sich befinden müsse, denn nur hier hatten die sämmtlichen seit 1874 Erkrankten täglich längere Zeit hindurch ihren Aufenthalt genommen.

Dr. Butter liess nun die Fussboden-Dielen aufreissen und entnahm Bodenproben zur Untersuchung. Dieselbe ergab keineswegs einen besonders hohen Grad der Verunreinigung. Immerhin zeigt der Gehalt des Boden an Glühverlust und Stickstoff, das reichliche Mengen von Nährmaterial für Mikroorganismen in demselben enthalten waren. Besonders bemerkenswerth ist aber die Thatsache, dass von 4 aus dem Hofe, der Hausflur, der Schlaf- und Wohnstube entnommenen Bodenproben, die aus der Wohnstube stammende, den höchsten Feuchtigkeitsgehalt besass,

welcher sogar noch denjenigen des freien, unbedeckten d. h. dem Regen und Schnee ausgesetzten Erdreichs übertraf[1]). Das quantitativ analytische Resultat war folgendes:

	Wasser in 100 Gr. frischem Boden	Glühverlust	Lösliche Stoffe	Chlor	Stickstoff
		In 100 Gr. bei 100° C. getrockneten Bodens			
Bodenfüllung unter der Wohnstube	13,60	2,59	0,023	0,011	0,0483

Der Besitzer liess nun auf den Rath des Dr. Butter den Boden des Zimmers bis zu 1 Meter Tiefe ausheben, dafür trockenen, reinen Sand einfüllen und diesen mit einer Betonschicht von 15 cm. überdecken, auch die blosgelegten feuchten Grundmauern mit Cement ausfugen und darüber starke Dielenbretter, dicht gefugt, gut geölt und mit dicker Oelfarbe und Lack überstrichen, verlegen.

Die Jahresberichte über das Medicinalwesen in Sachsen für die folgenden Jahre brachten keinerlei Mittheilung über den Erfolg dieser Maassregel. Erst der Jahresbericht für das Jahr 1884 enthielt die kurze Bemerkung: „Das in früheren Jahresberichten erwähnte Gehöft in Hohburg, in welchem der Typhus einheimisch geworden und wo einen Meter tief der Boden des Erdgeschosses ausgehoben und durch reinen Kies ersetzt worden war, ist nun seit einer Reihe von Jahren *Typhusfrei* geblieben, obwohl das Dienstpersonal mehrfach gewechselt hat."

Es ist eine selbstverständliche Lehre der Logik, dass jeder Umstand, den man ohne Nachtheil für die Naturerscheinung, deren Ursache man sucht, ausschliessen kann, durch kein Causalverhältniss damit verknüpft ist. Jm obigen Falle konnte also das Trinkwasser, die Wohnung selber, das Mobiliar, Kleider, Betten u. s. w. nicht die Ursache des Typhus gewesen sein, da dieser trotz der Schliessung des Brunnens und trotz gründlicher Desinfection fortbestand. Wenn die zufälligen Umstände auf diese Weise eliminirt sind, und es bleibt nur ein einziger übrig, so ist dieser eine die Ursache; bleiben mehr als einer, so sind sie entweder die Ursache oder sie enthalten dieselbe.

Wo konnte nun im vorliegenden Falle die Ursache sonst noch gelegen sein? Offenbar nur im Untergrund der Wohnung oder in der Umgebung derselben. Sonst ist nichts denkbar.

---

1) Nach der Ansicht namhafter Hygieniker (Flügge, Koch u. A.) findet im Boden und in der Zwischendecken-Füllung keine Vermehrung pathogener Bacterien, wohl aber die Conservirung solcher statt. Die Richtigkeit dieser Anschauung vorausgesetzt, würde weniger der Verunreinigungsgrad des Substrates (Boden etc.) als der Feuchtigkeitszustand desselben in Betracht kommen.

Da aber nach Beseitigung der Fehlbodenfüllung keine Erkrankung mehr vorkam, wohl aber kurze Zeit vorher, so ist es zum Mindesten wahrscheinlicher, dass in dieser die Ursache des Typhus gelegen war und nicht in der Umgebung des Hauses, an der nichts geändert wurde.

Nicht weniger als 18 Personen waren im Verlauf einiger Jahre in diesem Hause von Typhus befallen worden. Seit dem Jahre 1874 bis Ende 1879 ist überhaupt jeder Mensch der von auswärts in das Haus kam, an Typhus erkrankt.

Alle Umstände deuteten darauf hin, dass im Boden der Wohnstube die Ursache der Krankheit zu suchen sei. Derselbe wurde entfernt und obgleich das Dienstpersonal vielfach wechselte, kam keine Erkrankung mehr vor.

Selbst wenn man zugeben wollte, dass das Ende der Epidemie bei ihrer langen Dauer (6 Jahre) ohnedies zu erwarten gewesen wäre, so müsste man es doch als ganz auffallenden Zufall bezeichnen, wenn das Erlöschen der Epidemie thatsächlich mit dieser Massregel nur zufällig zusammengefallen wäre. Wie wenig dieses Bedenken berechtigt ist, zeigt übrigens der folgende von Köcher[1]) beschriebene Fall: In einer Arbeiterwohnung auf dem Pesski (St. Petersburg) waren 22 Mann in 3 geräumigen Zimmern einquartirt. Von denselben erkrankten successive 7 im Laufe von 2 Monaten an Abdominaltyphus. Auch hier ereignete sich kein weiterer Fall, nachdem die stark angefaulten Bretter des Fussbodens entfernt, die Fehlbodenfüllung desinficirt und eine neue gut schliessende Bodendielung verlegt worden war. Also derselbe Effect durch die gleiche aber ganz zu Anfang der Hausepidemie durchgeführte Maassregel.

In einem Hause der Basseinaja wohnten in 2 kleinen Räumen des Souterrains 7 Erwachsene (Hausknechte) und 2 Kinder. Diese Zimmer waren beständig von einem ekelhaften Modergeruch erfüllt. Die Fichtenholz-Dielen, direct auf die Erde verlegt, waren sehr defect und ein Brett hatte sich ganz gelöst, so dass es sich jedesmal hob, wenn man auf's Ende desselben trat. Die Hausknechte hatten den Besitzer schon oft vergeblich um Ausbesserung des Bodens ersucht. Nun erkrankte einer der Hausknechte, ein junger kräftiger Bursche, an Abdominaltyphus und wurde sofort ins Spital befördert. Nach 8 Tagen erkrankte in demselben Raum ein zweiter Hausknecht und starb nach 14 Tagen im Hospital. Sofort nach seiner Erkrankung wurden die angefaulten Bohlen entfernt, das Erdreich desinficirt und ein neuer Fussboden verlegt, wonach im Verlauf der nächsten Jahre keine Erkrankung mehr vorkam.

In Larino erkrankten, wie Michaelis mittheilt, in wenigen Wochen mehr als ein Drittel der Besatzung, 24 Mann an Abdominaltyphus und 3 starben unverhofft rasch, „bei denen die Blutersetzung unter verschiedenen Formen sich geltend machte". Die Erhebungen ergaben, dass meilenweit in der Umgebung kein Typhusfall existirte. Die Soldaten tranken das Wasser aus der Hochquellenleitung der Gemeinde, die Niemand verdächtigen kann.

1) Deutsche militärärztliche Zeitschrift, 1885, S. 459 etc.

Zwei aneinander stossende Zimmer lieferten die Kranken und eines fast alle Fälle allein. Die Soldaten hatten den richtigen Instinkt gehabt, als sie das giftigste sehr bald aus eigenem Antrieb und das andere endlich auch verliessen.

Die 5—6 Centimeter dicken Lärchenbohlen der Fussböden dieser Zimmer hatten sich stellenweise geworfen und die Reparatur war schon im Bau-Präliminare aufgenommen. Es war also ein Symptom von Feuchtigkeit im Boden vorhanden, wesshalb dessen Bloslegung angeordnet wurde. Nach Beseitigung der ersten Bohle kam ein Modergeruch aus der Fläche, der so stark war, dass die Arbeiter das Local, solange bis es gelüftet war, verlassen mussten. Die Bohlen waren am unterem Theile etwas angefault und durch die Polsterhölzer führte ein mässiger Tritt den ganzen Stiefel sammt Sporn, wiewohl diese Hölzer als Unterlage für die schweren Geschütze eine entsprechende Stärke hatten. Sie lagen in einem mit Sand und Schotter gemischten Bett, das nicht stäubte, sondern feucht war. Die Feuchtigkeit erschien sehr gleichförmig und dünne Krusten deckten die Oberfläche; stellenweise war Schimmelbildung und eine 0,3 Meter lange Schwammvegetation vorhanden. Das Wasser war grösstentheils aus dem Festungsgraben durch Capillaratraction in die Füllung gelangt.

Der Fortkommandant, welcher sich längere Zeit mit dem frisch geöffneten Fussboden beschäftigte, wurde am folgenden Tag von Fieber ergriffen, welches aber relativ leicht verlief. Von der Garnison, die sogleich das Fort räumte, erkrankte ferner kein einziger Mann und auch bis jetzt $1\frac{1}{4}$ Jahre kam kein ähnlicher Fall, nach Desinfection des Fussbodens vor. Deutlicher, fügt MICHAELIS hinzu, können Thatsachen wohl nicht reden.

Wie beim Typhus, so konnten auch bei der Cholera asiatica Hausepidemien mit grösster Wahrscheinlichkeit auf Infectionsherde in den Zwischendecken zurückgeführt werden. Bei der Choleraepidemie in der Strafanstalt zu Laufen erkrankten nur solche Sträflinge, welche ein und denselben Schlaf- oder Arbeitssaal gemein hatten. „Von denjenigen, welche in denselben Sälen schliefen, erkrankten stets nur solche, die den Tag über in inficirten Sälen arbeiteten, und von denjenigen, welche in gesunden Sälen arbeiteten, nur solche, welche in inficirten Sälen schliefen, am meisten aber hatten solche zu leiden, welche Tag und Nacht in einem inficirend wirkenden Theile des Hauses zubrachten.“[1]) Im Schlafsaale Nr. 97 schliefen 23 Gefangene, 13 Spinner und 10 Weber. Von den Spinnern erkrankte keiner an Cholera, von den Webern aber 6 daran.

„Sollte es vielleicht, so frägt V. PETTENKOFER, imune Inseln auch in inficirten Schlafsälen geben, wie es solche an inficirten Orten gibt?“

Da sich, wie S. 125 gezeigt wurde, pathogene Bacterien auf den Wänden nicht vermehren können, wohl aber in den Zwischendecken, so muss sich der Verdacht auf die letzteren lenken.

Auf dem Gute des Oberbürgermeisters v. WINTER herrschte in einer Gruppe von neun zusammenliegenden Gebäuden die Cholera, sieben derselben waren neu aufgebaut, fundamentirt und mit Kellern versehen, das

1) v. PETTENKOFER: Die Cholera-Epidemie in der kgl. bayer. Gefangenenanstalt Laufen a. d. Salzach. Berlin, HEYMANN, 1875.

Parterre hatte Bretterdielen und unter diesen eine Zwischendeckenfüllung, nur zwei in der Mitte der Gruppe gelegene Gebäude waren alt, ohne Keller, und hatten als Fussboden festgestampften Lehmestrich, d. h. undurchlässiges, siechfreies Material. In diesen beiden alten Häusern (Kathen) erkrankte nicht ein einziger Bewohner, während in den neuen mit Zwischendecken versehenen Gebäuden, alle Bewohner erkrankten und siebzehn starben. (HIRSCH[1])

Auch die Diphtherie tritt sehr häufig in Häusern endemisch auf und ich kann mehrere Hausepidemien anführen, bei welchen die Infectionen aller Wahrscheinlichkeit nach von den Zwischendecken ausgingen. HOFMANN hat bekanntlich nachgewiesen, dass die grösste Sterblichkeit an Diphtherie in den Monaten herrscht, in welchen die Menschen Tag und Nacht im Hause, in den geheizten Wohnungen sich aufhalten. Ausserhalb der Heizperiode, im Frühling und Sommer, verliert die Krankheit viel von ihrer Bösartigkeit und Gefährlichkeit. KRIEGER hat gezeigt, dass in denjenigen Wohnungen eines Arbeiterdorfes, in welchen durchschnittlich die höchste Temperatur herrschte, auch die meisten Diphtheriefälle vorkamen.

In einem Dorfe bei Schweinfurt erkrankten in einem hoch oben unter dem Dache des Kirchthurms befindlichen Zimmer 3 Kinder des Glöckners an Diphtherie und starben. Das kleine Zimmer wurde desinficirt, die Wände abgekratzt und getüncht, der Fussboden gescheuert. Trotzdem erkrankten 14 Tage darauf, nachdem ein armer Ortsbürger in die Wohnung eingezogen war, dessen ganze Familie an Diphtherie. In diesem Falle muss die Infection, da sonst keine Diphtheriefälle im Orte vorkamen, von den Zwischendecken ausgegangen sein, denn alle Möbel und Betten waren aus dem Zimmer fortgeschafft, etwa an den Wänden haftende Bacterien durch das Abkratzen entfernt oder durch den neuen Wandanstrich festgeleimt und durch diesen, sowie durch die Desinfection vernichtet worden, so dass als einzige Quelle der Infection nur der unter den Fussbodenbrettern und in deren Ritzen befindliche Schmutz und Boden übrig bleibt.

In einer wohlhabenden Familie in München starben im Verlauf einiger Wochen 4 Kinder an Diphtherie und der Vater und eine Magd erkrankten schwer daran. Sämmtliche Zimmer der eleganten Wohnung waren neu parketirt, nur der Boden des Schlafzimmers, welches die vier Kinder mit den Vater gemein hatten und in dem sich auch die Magd viel aufhielt, bestand aus gewöhnlichen, vielfach defecten Fichtenbrettern mit weiten Fugen. Nach der Erkrankung des vierten Kindes und des Vaters wurde die Wohnung geräumt. Die Mutter und ein fünftes Kind, welche nicht in dem betreffenden Zimmer schliefen, blieben verschont. Der Fussboden dieses Zimmers wurde nun mit Blech überdeckt und parketirt und unter den neuen eingezogenen Miethern kam im Verlauf von 8 Jahren keine Infectionskrankheit vor.

In einer anderen Familie kamen im Verlauf von 2 Jahren 10 Diphtheriefälle vor. Nachdem auch eine gründliche Desinfection der Wände (Subli-

1) HIRSCH, Reisebericht, S. 22.

mat- und Kalkanstrich) und der Möbel und Betten (im Apparat von Schimmel) ohne Erfolg waren, bezog die Familie ein anderes Haus und nun kam im Verlauf der nächsten Jahre kein Diphtheriefall mehr vor.

Auch von der croupösen Pneumonie ist bekannt, dass die im freien lebende Bevölkerung seltener daran erkrankt, als die in ihren Häusern vor Zug und Kälte geschützten Stadtbevölkerung, der Soldat weniger im Felde als in der Garnison. (Köhnhorn[1])

Es wurde schon wiederholt betont, dass die Wände keinen günstigen Boden für die Entwickelung von Spaltpilzen abgeben können.

Das gleiche gilt für die Möbel, von denen vielleicht das Bett am geeignetesten wäre; aber in einem Schulsaal sind keine Betten vorhanden und doch erkrankten nach Penkert[2]) 13 das neugebaute Schulhaus in Riethnordhausen besuchende Kinder im Verlauf weniger Tage an Pneumonie und die Epidemie hörte sofort auf, als mit Beginn der Osterferien der Schulbesuch sistirt wurde.

Bei den zahlreichen Pneumonie-Epidemien, welche sich in der Gefangenenanstalt in Amberg ereigneten, konnte Kerschensteiner, namentlich als im Jahre 1880 unter 1150 Sträflingen 161 Erkrankungen an Pneumonie vorkamen, mit aller Bestimmtheit nachweisen, dass ein in den Schlafsälen der Gefangenen haftender Krankheitserreger diese 161 Infectionen verursacht hat und aus der Fehlbodenfüllung konnten in der That pathogene Bacterien reingezüchtet werden, welche damals von den Friedländer'schen Pneumonie-Bacillen nicht zu unterscheiden waren. Diese für Thiere sehr pathogenen Bacterien, sind wie späterhin gezeigt wurde, nicht die Erreger der croupösen Pneumonie; dieselben kommen aber häufig im Munde gesunder Menschen vor und es ist höchst wahrscheinlich, dass sie mit dem Sputum in die Zwischendecken gelangt waren und als saprophytische Bacterien zeitweise die Bedingungen zu ihrer Vermehrung darin gefunden hatten. (cf. S. 236.)

Die Literatur ist sehr reich an ähnlichen Beispielen, welche für verschiedene andere Infectionskrankheiten die Möglichkeit der Weiterverbreitung durch Vermittelung des verunreinigten oder inficirten Fussbodens[3]) resp. der Zwischendecken gewähren. Dies scheint insbesondere bei ansteckenden Bindehauterkrankungen, der trachomatösen Conjunctivitis etc. der Fall zu sein. Als in der Dreihasen Kaserne zu Ofen bei einer Abtheilung des 10. Genie-Bataillons ungewöhnlich häufige Fälle von granulöser Augenentzündung vorgekommen waren, wurde von der Mannschaft angegeben, dass in dem betr. Zimmer, wenn die Fenster längere Zeit geschlossen gehalten werden, ein sehr übler Geruch herrsche.

Das Aufreissen eines Brettes des bereits schadhaft gewordenen Fussbodens erfüllte das Zimmer augenblicklich mit einem unausstehlichen

---

1) Vierteljahrsschrift für gerichtl. Medicin und öffentl. Sanitätswesen. 1881. S. 81 etc.

2) Berlin. klin. Wochenschrift, 1881, S. 40.

3) Eine reiche Zusammenstellung solcher Fälle findet sich in Raht's: Verunreinigung der Zwischendecken der Wohnräume und ihr Einfluss auf die Gesundheit der Bewohner. Deutsche militärärztl. Zeitschr. 1885. Jahrg. XIV. S. 459 etc.

Modergeruch und trotz genauer Untersuchung konnten sonst keine Uebelstände gefunden werden.[1])

Ein österreichischer Militärarzt Dr. SCHLAFFER[2]) spricht seine Ansicht ebenfalls dahin aus, dass die unter den Holzfussböden der Kaserne gelegenen Bodenschichten nur zu häufig wahre Pilzzüchtungsanstalten bilden, aus denen gasförmige Zersetzungsproducte organischer Stoffe und infectiöse Mikroorganismen in die Wohnungsluft übergehen. Diese Luft müsse als einer der vielen Factoren bezeichnet werden, welche die Resistenzfähigkeit des Soldaten ungünstig beeinflusse und die namentlich bei schon bestehenden Anomalien der Bindehaut verschiedenartig intensiv auftretende Conjunctival-Erkrankungen veranlasse. Selbst die Ursache des Scorbuts, den man gewöhnlich nicht zu den Infectionskrankheiten rechnet, muss nach den Erfahrungen competenter Marineärzte[3]) mit Salubritätszuständen der Wohnungen in Zusammenhang gebracht werden und MICHAELIS glaubt die Entstehung zweier Scorbut-Epidemien mit Bestimmtheit auf die Verunreinigung der Zwischendecken zurückführen zu können.

In der Roca, deren alte Mauern von den Wellen des Garda-See bespült waren, trat zwischen dem 1. und 8. Mai Scorbut auf, die am 1. eingezogenen Compagnien erkrankten am 8. daran. Die Kaserne war bei gleichem Belage und unveränderter Bauart seit mehr als 30 Jahren scorbutfrei. Eine Pionierabtheilung des Kaiser-Jäger-Regiments, welche zwei Zimmer der Roca bewohnte, die sehr dünn belegt waren, litt innerhalb 2 Wochen an Scorbut, obgleich sie kerngesund von ihren Bataillonen detachirt wurde. In diesen zwei Zimmern wurden die Fussböden, die früher schon aus Gesundheitsrücksichten zum Austauschen bestimmt waren, aufgerissen und es trat mit Modergeruch die ausgebreitete Bodenfäulniss hervor; man fand als Zeichen, dass die Füllung oft durchfeuchtet wurde, grosse festzusammengebackene Krusten und Kuchen von Boden und Schmutz.

In einer sehr reinen, grossen, gesunden Kaserne Innsbrucks trat bei einer Elitetruppe, der Artillerie, Scorbut auf. Die Eröffnung des sauber gehaltenen, aber schon mehrfach gepflickten Zimmerbodens ergab ein gleiches Resultat, wie im vorigen Falle.

Mit aller Bestimmtheit muss angenommen werden, dass die Mikroorganismen der Wundinfectionskrankheiten, des Erysipelas und des Puerperal-Fiebers sich auf dem Fussboden und in den Zwischendecken ansammeln, conserviren und wohl auch vermehren können. Wie wären die schauerlichen Zustände und die furchtbare Mortalität, welche noch vor 20 Jahren, vor Einführung der LISTER'schen Wundbehandlung in fast allen älteren Spitälern als ein selbstverständliches Attribut betrachtet wurden, anders zu erklären? Man hat chirurgische und geburtshülfliche Kliniken in allen Theilen frisch ge-

1) Dr. KRAUS: Das Krankenzerstreuungssystem. S. 87.

2) SCHAFFER: Citirt von MICHAELIS.

3) Der Fussboden der Kaserne von A. MICHAELIS. Internationale Revue über die gesammten Armeen und Flotten. Bd. I, 1883.

kalkt, gescheuert, gebohnt, mit neuem Ölanstrich versehen und doch erlebt, dass Pyämie, Hospitalbrand und Puerperal-Fieber in solchen Räumen stehende Gäste wurden. (WERNICH.) Das einzige Object, was in solchen Fällen nicht desinficirt wurde, waren die Deckenfüllungen. „Es ist keine blosse Zufälligkeit, sagt MICHAELIS, wenn beim Ausbruch einer Rothlauf-Epidemie in einem Spitale, wo die grösste Sauberkeit herrscht, alles beständig gereinigt und gelüftet wird, unter den ungewöhnlich sauberen Fussboden im Schutt Nässe und Fäulniss gefunden wird. Das war einmal z. B. im Baracken-Spital Nr. 16 in Budapest der Fall, und ganz dasselbe begegnete mir einige Male im Barackenspital bei Arad, wo ich kaum wagen durfte eine Operation vorzunehmen, weil Rothlauf regelmässig folgte, bis die Ursache gehoben wurde. Mit ihr verschwand der Rothlauf."

Wundinfectionskrankheiten, Erysipel und Puerperal-Fieber sind Krankheiten, deren bacterielle Erreger, Dank der KOCH'schen Methodik, sicher nachgewiesen, reingezüchtet und biologisch studirt werden konnten.

Es ist deshalb angezeigt, hier von einer Vermehrung der Casuistik abzusehen und den Beweis für die ätiologische Bedeutung des Fussbodens und der Zwischendecken bei der Entstehung dieser Krankheiten, durch das bacteriologische Experiment weiter zu führen.

2. Nachweis von pathogenen Bacterien in den Zwischendecken durch bacteriologische Untersuchungen.

Die im vorigen Capitel erörterten Thatsachen zusammen mit den in der Literatur angehäuften Beobachtungen anderer Autoren liessen an der Möglichkeit des Vorkommens pathogener Mikroorganismen in den Zwischendecken-Füllungen keinen Zweifel übrig.

Aber erst nach der Vervollkommnung der bacteriologischen Methoden durch KOCH war der directe Nachweis derselben möglich.

Die schon erwähnten Pneumonie-Epidemien in der Gefangenanstalt zu Amberg gaben Veranlassung den Fehlboden der besonders stark inficirten Säle auf pathogene Mikroben zu untersuchen[1]).

Die lufttrockene Füllerde, welche aus schmutzigen Sand, Staub, Mörtel- und Ziegel-Stückchen etc. bestand, wurde auf Gelatineplatten ausgesät. Auf diesen Platten entwickelten sich neben anderen Colonien, auch solche, welche nagelkopfförmige Tröpfchen bildeten und jenen sehr ähnlich waren, welche FRIEDLÄNDER und FROBENIUS aus

1) Dr. R. EMMERICH: Pneumoniecoccen in der Zwischendecken-Füllung als Ursache einer Pneumonie-Epidemie. Archiv für Hygiene. Bd. II. S. 117 etc.

pneumonischen Lungen erhalten hatten. Derartige Colonien wurden unter mikroskopischer Controle auf Gelatine übertragen und die Gelatinestichculturen hatten das gleiche Aussehen, wie die der FRIEDLÄNDER'schen Pneumoniecoccen. Das gleiche war hinsichtlich der mikroskopischen Wuchsform dieser Bacterienart der Fall. Nach Injection einer kleinen Menge der Reinkultur in die Lunge von weissen Mäusen und Meerschweinchen entwickelte sich eine typische Pneumonie mit Pleuritis und die Thiere gingen nach 24 bis 36 Stunden zu Grunde.

Weisse Mäuse, welche die zerstäubte, wässerige Suspension von Kartoffelkulturen dieser Bacterien 1 Stunde hindurch einathmen mussten, starben nach 1—4 Tagen. Die pneumonischen Erscheinungen waren zwar bei diesen Versuchen weniger gut ausgeprägt, aber die inhalirten Bacterien konnten im Lungengewebe, im Blute, in der Milz nachgewiesen werden u. s. w.

Nachdem auch FRIEDLÄNDER und FROBENIUS die Identität der aus der Zwischendecken-Füllung des Gefängnisses gezüchteten Bacterienart mit der von ihnen aus pneumonischen Lungen cultivirten Mikroben bestätigt hatten, schien der Schluss gerechtfertigt zu sein, dass diese Spaltpilze in der That die Ursache der croupösen Pneumonie seien.

Damals waren aber unsere Kenntnisse über das mikroskopische Aussehen der Gelatine-Platten-Colonien noch sehr mangelhaft.

Es war nicht bekannt, dass auch andere pathogene Bacterien bei der Injection von Reinkulturen in die Lunge Pneumonie verursachen können.

Nachdem diese Thatsache inzwischen festgestellt wurde und nachdem man verschiedene andere Bacterienarten, z. B. Bacterium lactis aerogenes u. A., kennen gelernt hat, welche sowohl bezüglich des Wachsthums auf verschiedenen Nährsubstraten, als auch hinsichtlich ihrer pathogenen Wirkungen, den FRIEDLÄNDER'schen Bacillen sehr ähnlich sind, so muss man jetzt die vermeintliche Identität beider Bacterienarten als fraglich bezeichnen. Durch neuere Untersuchungen ist fernerhin festgestellt, dass die FRIEDLÄNDER'schen Bacterien nicht zu den Erregern der Pneumonie des Menschen gezählt werden dürfen.

Immerhin bleibt die Thatsache zu Recht bestehen, dass in der Zwischendeckenfüllung des Amberger Gefängnisses pathogene Bacterien, welche bei Thieren Pneumonie zu verursachen vermögen, in grosser Menge vorhanden waren.

Da, wie schon bemerkt, diese Bacterien im Speichel gesunder

Menschen vorkommen, so ist es nicht mehr auffallend, dass sie sich auch in Zwischendecken-Füllungen finden. Merkwürdig aber ist, dass sie im Amberger Gefängniss in so grosser Zahl vorhanden waren, und dieser Umstand macht es wahrscheinlich, dass mit dem Sputum auch die Erreger der croupösen Pneumonie (Pneumococcus lanceolatus), welche ja auch im Speichel gesunder Menschen häufig zu finden sind, in die Deckenfüllungen gelangten und sich darin anhäuften. Die Widerstandsfähigkeit des Pneumococcos gegen äussere Einflüsse (Austrocknung etc.) ist eine viel grössere als man bisher angenommen hat. Ich habe kürzlich erst gezeigt, dass die Pneumococcen in Bouillonculturen Monate lang ihre Entwickelungsfähigkeit behalten, während in jedem bacteriologischen Lehrbuch zu lesen ist, dass sie schon nach wenig Tagen abgestorben seien. Die Deckenfüllungen sind gegen alle Reinlichkeits- und Desinfectionsmaassregeln durch die Fussboden-Dielung geschützt und daher ist die Conservirung von pathogenen Bacterien in denselben leichter als in anderen Theilen der Wohnung möglich.

Die Beseitigung der Decken-Füllungen aus einigen der inficirten Säle im Amberger Gefängniss war thatsächlich, wenn auch nur vorübergehend, von Erfolg. Die Hausepidemie dauerte fort, aber in den Sälen mit neuer Zwischendecken-Füllung erkrankten verhältnissmässig weniger Gefangene, als in den anderen Sälen und namentlich war die Sterblichkeit in den ersteren relativ viel geringer als in den letzteren.

Bei einer Typhusepidemie in der Strafanstalt im Schlosse Voigtsberg bei Oelznitz konnte Prof. HOFMANN[1]) in Verbindung mit Prof. BIRCH-HIRSCHFELD Typhusbacillen in den Fehlböden der ergriffenen Räume bacteriologisch nachweisen.

Das Schloss liegt isolirt auf einem Grünsteinfelsen und hatte in früheren Jahren wiederholt Typhusepidemien gehabt.

Im Jahre 1884 erkrankten von den strafgefangenen Weibern 40 Personen, darunter aber keine der frisch eingelieferten Sträflinge. Die Vertheilung der Erkrankten nach ihren Arbeits- und Schlafräumen liess aber auf locale Ursachen und zwar auf das Vorhandensein von Typhusbacillen in den Fehlböden gewisser Räume schliessen. Durch genaue Untersuchungen konnte nun zwar eine Bacterienart aus der Deckenfüllung gezüchtet werden, welche von den Typhusbacillen nicht zu unterscheiden war, nichts destoweniger kann auch in diesem Falle die Identität beider Bacterienarten nicht mit Sicherheit be-

1) Sechzehnter und Siebzehnter Jahresbericht über das Medicinalwesen in Sachsen, 1886 u. 1887, S. 38.

hauptet werden, weil die damaligen Differenzirungsmethoden noch sehr unvollkommen waren. Dieser Fall muss deshalb mit der gleichen Vorsicht beurtheilt werden, wie die angebliche Auffindung von Typhusbacillen im Trinkwasser.

Es gibt bekanntlich verschiedene saprophytische Bacterien, welche auf Gelatine und Kartoffeln ebenso wachsen wie die Typhusbacillen, mit denen sie deshalb sehr leicht verwechselt werden können.

Eine Identificirung resp. Differenzirung gelingt meistens nur durch umständliche, chemisch bacteriologische Untersuchungen. Von besonderem Werthe ist hierbei die Bestimmung der in Milchserum gebildeten Säuremengen und diejenigen der Kohlensäurequantität, welche in bestimmter Zeit aus 100 cm. Nährbouillon entwickelt wird.

Auch die von KITASATO vorgeschlagene negative Indolreaktion kann mit Vortheil hiebei verwendet werden.

Das häufige Vorkommen pathogener Bacterien in den Zwischendecken ist eine Thatsache, welche weitere Untersuchungen in dieser Richtung als nothwendig erscheinen lässt. Dr. UTPADEL[1]) hat im Fehlboden des alten Garnisonlazareths in Augsburg eine pathogene Bacterienart nachgewiesen, deren infectiöse Wirkungen von den durch die Bacillen des malignen Oedems hervorgerufenen nicht zu unterscheiden waren.

Auch die Erreger des Wundstarrkrampfs, die Tetanusbacillen, sind nicht selten in enormer Zahl in den Zwischendecken-Füllungen angehäuft.

Im Fehlboden des auf S. 233 erwähnten Schlafzimmers, in welchem binnen wenigen Wochen 6 Diphtherieerkrankungen vorgekommen waren, konnte ich Tetanusbacillen nachweisen. Brachte man einem Kaninchen 2 Grm. dieses Bodens in eine Hauttasche, so starb es nach einigen Tagen an Starrkrampf und in der Umgebung der Wunde fanden sich die Tetanusbacillen in grosser Zahl. Ja, es genügt einige Stecknadelkopf grosse Körnchen dieser Zwischendecken-Füllung in erstarrtes Blutserum zu bringen, um eine üppige, zunächst noch unreine Cultur von Tetanusbacillen zu erhalten, aus welcher dann nach der Methode von KITASATO (Erhitzen etc.) Reinculturen gewonnen wurden.

In welch' enormer Menge mussten diese Bacillen, die Erreger der furchtbarsten Wund-Infections-Krankheit des Menschen unter den Fussbodenbrettern dieses Wohnraumes angehäuft sein. Wie leicht

---

1) Ueber einen pathogenen Bacillus aus Zwischendeckenfüllung. Archiv für Hygiene, VI. Bd. 1887. S. 359 etc.

konnten sie jederzeit in die Luft des Wohnraumes gelangen und sich dem Zimmerstaub, der auf dem Fussboden und an den Möbeln haftet, beimischen! Die Bewohner dieses Zimmers waren also jederzeit der Gefahr ausgesetzt, in Folge irgend einer kleinen Verletzung, am Starrkrampf zu sterben.

Dass dies keine übertriebenen Befürchtungen sind und dass der Bauschutt häufig Tetanusbacillen enthält, wurde durch einen tragischen Fall bewiesen, der sich beim Erdbeben in Lipurien am 23. Februar 1887 in Bajardo ereignete. Von den 70 Personen, welche beim Einsturz der Kirche zu Bajardo verwundet wurden, bekamen 9 Tetanus und 8 von diesen starben. Die Wunden waren stark mit Mauerschutt besudelt worden. Dr. BONOME[1]) brachte nun kleine Mengen vom Kalkschutt der Kirche unter die Haut von Kaninchen und Mäusen und diese Thiere starben sämmtlich nach 2—3 Tagen an Tetanus. In den Wunden der vom Starrkrampf befallenen Personen und unter der Haut der geimpften Thiere konnten Tetanusbacillen durch die Cultur nachgewiesen werden, während Controlversuche von Kalktrümmern von Diano-Marino, wo unter den vielen Verwundeten keine Tetanische waren, ein negatives Resultat ergaben.

Dr. BONOME, dessen Versuche in einwandfreier Weise durchgeführt wurden (die Beschreibung seiner Culturen beweist, dass er thatsächlich Tetanusbacillen gezüchtet hatte) folgert aus derselben die Möglichkeit, den Tetanus direct durch den Bauschutt alter Gebäude auf den Menschen zu übertragen.

Sehr umfassende Untersuchungen hat im Laboratorium des Verfassers Dr. HEINZELMANN[2]) über das Vorkommen pathogener Bacterien in Zwischendecken-Füllungen ausgeführt. Derselbe konnte in 13 von 21 aus älteren Gebäuden stammenden Fehlboden-Füllungen Tetanus-Bacillen nachweisen, d. h. die Kaninchen, denen 2—4 Ccm. der Füllung in eine Hauttasche gebracht wurden, starben am Tetanus, und die Bacillen konnten rein gezüchtet werden. Ausserdem konnten einige Bacterienarten isolirt werden, welche die Thiere in grösseren Dosen tödteten und namentlich pneumonische Veränderungen, Milzschwellung und diffus-blutige Infiltration des Unterhautbindegewebes verursachten.

HEINZELMANN erwähnt unter vielen anderen Fällen, dass nach Beobachtungen von Dr. ERHARD im Hause Nr. 7 in Feldmoching

---

1) Fortschritte der Medicin, V. Jahrg., 1887, S. 694.

2) Ueber die Verbreitung des Tetanuserregers in Fehlbodenfüllungen Münchener Häuser. Münch. medic. Wochenschrift 1891, Nr. 10 u. 11 und „Die Fehlböden", München, Verlag von J. F. LEHMANN, 1891.

innerhalb 6 Jahren 3 Todesfälle am Tetanus traumaticus sich ereigneten.

Auch in diesem Falle konnten Kaninchen durch Verimpfung des Materials aus den Fussboden-Fugen tetanisch gemacht werden.

Auch TURINA [1]) gibt an, dass er im Fussbodenstaub der Kasernen von Turin Tetanusbacillen gefunden habe. Wie die in Feldmoching vorgekommenen Fälle zeigen, können durch die Tetanusbacillen im Fussboden der Wohnungen wohl auch Infectionen verursacht werden.

Neuerdings hat RULLMANN auch die Bacillen des malignen Oedems durch Verimpfung von Zwischendecken-Material aus älteren Häusern auf Meerschweinchen reingezüchtet und einige andere pathogene Mikroorganismen in den Decken-Füllungen nachgewiesen.

Derselbe hat weiterhin im Verein mit dem Verfasser gezeigt, dass der höchst unangenehme, eigentümliche „moderige oder muffelige" Geruch, welcher in Wohnräumen mit verunreinigten, häufig durchnässten Zwischendecken-Füllungen (in Kasernen etc.) oft so stark hervortritt, von der reichlichen Entwickelung einer bestimmten, wohl characterisirten Bacterienart verursacht wird (Cladothrix-Art). Der gleiche Bacillus verursacht auch den durchaus nicht unangenehmen specifischen „Erdgeruch" von Humus und anderen Bodenarten. Dieser Geruch wird aber sehr lästig und widerlich, wenn der Bacillus in der Deckenfüllung geschlossener Wohnräume zu massenhafter Entwickelung und Verbreitung gelangt und in kurzer Zeit sehr grosse Mengen des riechenden Gases erzeugt.

Nach den mitgetheilten Untersuchungen unterliegt es keinem Zweifel, das alle Sporen bildenden pathogenen Spaltpilze in den Zwischendecken lange Zeit conservirt werden können. Dies gilt sicherlich auch für einige bisher als nicht Sporen bildend bezeichnete pathogene Bacterienarten.

Ich habe nämlich beobachtet, dass Pneumococcen [2]) (Streptococcus lanceolatus FRÄNKEL-WEICHSELBAUM) ihre Entwickelungsfähigkeit und Virulenz viele Monate hindurch in Bouillon behalten, wenn man dieselben in 1/2 bis 1 Liter Bouillon einige Tage hindurch im Thermostaten züchtet, dann bei gewöhnlicher Temperatur im Dunkeln aufbewahrt und zur Uebertragung, nicht in der meist geübten „vorschriftsmässigen Weise eine Oese voll Cultur," sondern den gesammten Bodensatz verwendet.

1) Giornale della Soc. d'igiene, 1890, p. 452.

2) Nach allgemeiner Annahme sollen Pneumococcen in künstlichen Culturen ihre Entwickelungsfähigkeit schon nach etwa 8 Tagen verloren haben.

In ganz gleicher Weise verhalten sich einige andere bisher als nicht sporenbildend bezeichnete pathogene und saprophytische Bacterienarten.

Die Erklärung für dieses Verhalten der Pneumococcen u. s. w. ist nur durch die Annahme möglich, dass bei denselben auf eine grosse Anzahl, beispielsweise einige Hunderttausende von vegetativen Spaltpilzzellen nur *eine* Dauerform trifft, während bei den als Sporen bildend erkannten Bacterienarten fast jede vegetative Zelle also z. B. bei den Milzbrandbacillen jedes Stäbchen eine durch ihre Form und Lichtbrechung auffallende Spore bildet. Hierin liegt auch die Erklärung, weshalb man bei den Pneumococcen u. s. w. mikroskopisch bisher keine Sporen finden konnte, da eben die morphologische Eigenthümlichkeit derselben unter Hunderttausenden von ganz gleich aussehenden Spaltpilzzellen (Kugelformen, und Kugelketten) versteckt ist.

Damit soll nicht gesagt werden, dass diese Dauerformen den ächten Sporen (der Milzbrandbacillen, Heubacillen u. s. w.) gleichwerthig sind. Es soll vielmehr nur constatirt werden, dass in Pneumococcenculturen u. s. w. Vegetationsformen in sehr geringer Zahl vorkommen, welche sich durch viel längere Lebensfähigkeit und etwas grössere Widerstandsfähigkeit gegenüber der grossen Masse vegetativer Formen auszeichnen.

Diese Beobachtungen sind in epidemiologischer Beziehung insofern von Interesse, als sie eine Erklärung für die bisher ganz unbegreifliche Thatsache geben, dass in bestimmten Zimmern einer Wohnung im Verlauf von Monaten und Jahren zeitweise immer wieder die gleichen Infectionen (Pneumonie, Typhus u. s. w.) vorkommen. Es muss angenommen werden, dass in den Zwischendecken oder sonstwo im Raume eine Conservirung der erwähnten Dauerzellen stattfindet.

Es ist der Hygiene und der Bacteriologie zu danken, dass diese Gefahren, die den Menschen im eigenen Hause, wenn es auch noch so rein und behaglich erscheint, ohne sein Wissen, drohend umgaben, in ihren Ursachen erkannt sind, und dass man schon gegenwärtig über sichere Maassnahmen verfügt, um sie zu verhüten. Es ist nicht zu viel behauptet, wenn wir der Ansicht Ausdruck geben, dass durch die Vervollkommnung der Zwischendecken-Construction, welche seit den Arbeiten des Verfassers, durch die alltäglich zur Ausführung gelangenden Verbesserungen der altherkömmlichen, ehedem starr festgehaltenen Herstellungsweise repräsentirt ist, eine Asanirung der Wohngebäude erzielt werden muss, welche in hygienischer Beziehung mit der Zeit ähnliche Erfolge aufzuweisen haben wird, wie die

Canalisation und Hausdrainage in Bezug auf die Verminderung der Morbidität und Mortalität in den Städten.

Zwischendecken-Constructionen, welche den hygienischen Anforderungen entsprechen.

Den hygienischen Anforderungen entsprechen alle Zwischendecken-Constructionen, bei denen unreines, d. h. an stickstoffhaltigen, organischen Stoffen reiches, sowie starkkeimhaltiges Füllmaterial vermieden und nur reines Material (ausgenommen Kohlenasche, Schlacke und Coaks) verwendet wird. Auch solches Füllmaterial, welches Staub oder gesundheitsschädliche Gase, (wie z. B. die Schlackenwolle) zu entwickeln vermag, ist auszuschliessen. Weiterhin sollte das verwendete Füllmaterial entweder selbst impermeabel oder durch eine undurchlässige Schichte (Asphalt) vom Fussboden getrennt sein, so dass jede Verunreinigung der Füllung durch Staub oder versickernde Flüssigkeiten verhütet wird.

Diese Anforderungen führen zur Construction impermeabler Decken und Fussböden.

Die Herstellung impermeabler Zimmerdecken liegt im Interesse der Bewohner sämmtlicher Etagen. Während nämlich im Winter die Luft aus den unteren Etagen durch die Zimmerdecken in die oberen eindringt, ist im Sommer die Strömung der Luft durch das Gebäude, wenn die äussere Luft wärmer ist als die innere, gerade die entgegengesetzte wie im Winter.

„Im Winter kann man das Haus etwa mit einem Kamin vergleichen. Der Vergleich hinkt zwar etwas dadurch, dass durch das Haus nicht blos ein Luftstrom aufwärts geht, wie durch den Kamin, sondern dass auch in allen aufrechten Wänden die Luft unten einströmt und oben abströmt, also das Zimmer förmlich mit Luft auch von der Seite her ausgewaschen wird. An Sommertagen finden alle diese Bewegungen in entgegengesetzter Richtung statt, denn man kann versichert sein, dass schon um 9 Uhr Morgens, sowie die Sonne mächtig wird, das Haus kälter ist, als seine Umgebung, und so wird es, wenn man auf Anwendung der üblichen Schutzmittel gegen die Sonnenhitze bedacht ist, auch bis in die späten Nachmittagsstunden, ja sogar bis in die Abendstunden bleiben, bis sich wieder die kühlere Temperatur der Nacht geltend macht. Man wird also an Sommertagen, wo man im Haus die Kühlung aufsucht und gern im Zimmer ist, einen Strom zu erwarten haben, der von oben nach unten geht, gerade entgegengesetzt der Richtung, die der Strom im Winter hat, und dieser Strom führt nun durch die Decke die Luft

zu, in welcher bereits die Bewohner in dem oberen Geschosse geathmet haben. Also gerade da, wo wir uns ohne Luftwechsel gern der angenehmen Kühle erfreuen würden, bekommen wir die etwaigen üblen Gerüche von oben herunter.“ (RECKNAGEL).

Alle diese erheblichen Uebelstände werden durch die für Luft und Wasser undurchlässigen Zwischendecken beseitigt und ausserdem auch die Gefahren, welche von verunreinigten und pathogene Mikroorganismen enthaltenden Füllungen, nach dem früher Gesagten, ausgehen können.

Diese vollkommen undurchlässigen oder schwer durchlässigen Fussböden können aber bei dem üblichen Wohnungsbaue andere Schädlichkeiten veranlassen, die unbemerkt ihre Wirkung entfalten und daher ganz besonders hier berücksichtigt werden müssen. Die neueren, erfreulicher Weise zu rascher Verbreitung gekommenen Füllmaterialien, wie Gypsdielen, Cementplatten u. s. w., besitzen eine sehr geringe Permeabilität (Permeab. Constante bei Gyps = 0,00014, Cement = 0,0001 gegen Kalktuffstein mit 0,0798) und die Decken werden dichter und sorgfältiger hergestellt als früher.

Während nun bei den bisher üblichen Decken die Hauptmasse der durch natürliche Ventilation in den Wohnraum eindringenden Luft durch den Fussboden resp. die Zimmerdecke ein- und austrat, werden bei mehr oder weniger impermeablen Zimmerdecken die Verhältnisse ganz andere. Die Luft wird nun überall da eindringen wo Ritzen und Fugen vorhanden sind, also namentlich an Thüren und Fenstern.

Die Folge hievon ist, dass in solchen Wohnräumen im Winter bei grosser Temperaturdifferenz zwischen Innen und Aussen ein so unangenehmer kalter Zug an den Fenstern bemerkbar wird, dass man sich kaum längere Zeit dort aufhalten kann. Gleichzeitig dringt Luft von oft sehr zweifelhafter Beschaffenheit durch die Zimmerthür-Fugen u. s. w. ein. Sind aber auch Thüren und Fenster fugendicht hergestellt, dann ist in einem solchen Raum die natürliche Ventilation oft gleich Null. Desshalb ist es bei Herstellung impermeabeler Decken dringend geboten, gleich bei der Erbauung des Hauses eine von RECKNAGEL, mir u. A. vielfach erprobte Einrichtung zu treffen. d. h. einen in der Zwischendecke verlaufenden aus dem Freien bis hinter den Ofen führenden, 14 Cm. hohen und 14 Cm. breiten Blechkanal vorzusehen, welcher dort mit einer 20 Cm. langen und 12 Cm. breiten auf der oberen Seite des Canals befindlichen Klappe endet. Dieser Canal fördert dann, so lange der Ofen warm ist, 40 bis 100 Cbm. Luft pro Stunde in den Raum, erhält Tag und Nacht die Luft in den

Wohnzimmern rein und trägt ungemein viel zur Behaglichkeit der Wohnung bei, da nun jeder Zug an Thür und Fenster wegfällt. Die Kosten der Herstellung betragen nur 25 Mark, weitere Kosten, etwa durch Mehrverbrauch von Heizmaterial, werden nicht verursacht, da ja sonst auch die durch natürliche Ventilation eindringende, mitunter sehr schlechte Luft erwärmt werden muss, was aber in ungeeigneter Weise geschieht. Es ist eine Aufgabe der Aerzte und Architekten die Nothwendigkeit dieser Maassregel darzulegen und zu popularisiren. Die Einführung impermeabler Decken bietet Gelegenheit in dieser Beziehung einen Druck auszuüben und die Verallgemeinerung dieser Einrichtung wäre ein wirksames Mittel zur Verhütung von Krankheiten und zur Kräftigung des Volkes.

Verbesserungen der bisherigen Balkendecken und Anwendung reinen Füllmaterials.

Zunächst hat man sich unter Beibehaltung der bisher gebräuchlichen Zwischendecken-Anlage bestrebt, dieselbe rationeller als bisher einzurichten und auszuführen.

Man hat empfohlen Halbholz statt der Vollhölzer anzuwenden, weil hiermit eine Ersparniss und der Vortheil verbunden ist, dass das Holz besser austrocknet und einen Einblick in das Innere gestattet. Der Einschub wird auf angenagelte Latten nicht lose gelegt sondern scharf eingepasst. Die Bretter müssen so stark sein, dass sie bei 1 Meter freier Lage einen Mann tragen können, sie müssen nicht neben einander, sondern so verwechselt werden, dass sie sich an den Rändern um einige Centimeter überdecken, während eine zweite Latte oberhalb, beide Reihen fest in ihrer Lage hält. Statt des nassen Lehmschlags werden nur die Fugen und etwaige Risse in den Brettstücken mit einem aus Lehm und Theer gemengten Brei gut verstrichen. Darauf folgt eine Auffüllung nicht etwa von Schutt, Erde, Coaks- oder Steinkohlenasche und Schlacken, welch' letztere in Folge ihrer grossen Wassercapicität unter sonst günstigen Bedingungen die Entwickelung von Spross- und Schimmelpilzen, Saprophyten und pathogenen Bacterien, sowie die des Hausschwammes begünstigen, sondern mittels einer Mischung von Torfstreu, Kieselguhr, Kalkmehl oder mit ganz trockenem ausgeglühtem Sand (am besten Quarzsand), dem etwas Kalkmehl beigemischt wird. Diese Auffüllung erfolgt jedoch nicht nur bis zur Oberkante der Balken, sondern so dass sie letztere noch um mehrere Centimeter überdeckt. Darauf werden Lagerhölzer von 8 Cm. Dicke gelegt und auf diese die Fussböden aufgebracht, nachdem auch die Zwischenräume der Lagerhölzer mit Sand

aufgefüllt wurden. Nur dadurch, dass die Lagerhölzer nicht unmittelbar auf den Balken aufliegen, wird das Hallen oder die sogenannte Hellhörigkeit der Decken aufgehoben.

Die Vorschläge, welche zur Verhütung der von den Zwischendecken ausgehenden Belästigungen und Gefahren gemacht wurden, befassen sich:

1. Mit der Empfehlung von reinem Füllmaterial (geglühter Sand, Schlackenwolle, Kalk-Torfmischung u. s. w.) oder aber

2. auch mit Massnahmen, durch welche die beim Bewohnen unter gewöhnlichen Verhältnissen unausbleiblich eintretende Verunreinigung und Infection der Zwischendecken sicher verhütet werden soll.

Schon allein die Anwendung reiner Füllung ist für die Salubrität und die hygienischen Zustände der Wohnung von grösstem Werth.

Reinigung und Sterilisirung des Zwischendecken-Füllmaterials durch Glühhitze.

Man hat es der Hygiene zu verdanken, dass man neuerdings darauf bedacht ist, das Füllmaterial (Sand, Bauschutt u. s. w.) vor der Einfüllung durch hohe Hitzegrade von organischen Stoffen und Mikroorganismen zu befreien.

Im Baufache sind bereits einfache und überall leicht ausführbare Methoden der Sterilisirung von Füllmaterial in Gebrauch. Der Hygiene fällt nun die Aufgabe zu, durch chemische und bacteriologische Untersuchungen zu prüfen, ob durch die üblichen Sterilisirungsmethoden die organischen Stoffe vollständig verbrannt und die Bacterien-Sporen vernichtet werden oder ob Abänderungen der Methoden zur Erreichung dieses Zweckes nöthig sind.

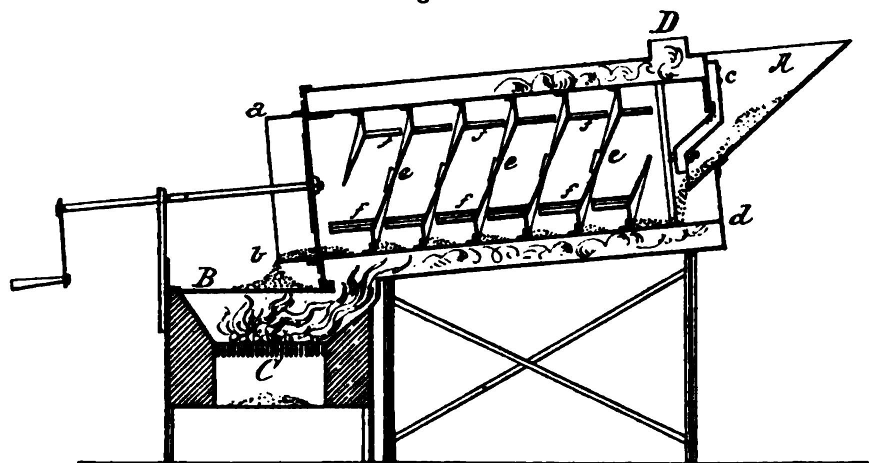
Die einfachste Einrichtung zum Sterilisiren des Füllmaterials besteht darin, dass man im Kellergeschoss des Neubaues vor einem Schornsteine einen Trockenofen errichtet. Es wird ein Kranz von Ziegeln in Lehm aufgemauert, mit einer Zunge in der Mitte und der Zwischenraum mit dem Schornstein verbunden, dann eine Eisenblechtafel aufgelegt und ein überstehender Rand von Ziegeln hergestellt. Auf diese Platte wird der Sand oder Bauschutt nach und nach aufgebracht und hinter der vorderen Oeffnung ein Feuer unterhalten. Der Sand wird fleissig umgeschaufelt und nach Erfolg gewechselt. Nach ein oder zwei Tagen ist das gesammte Füllmaterial sterilisirt.

A. KESSLER in Wien hat einen Ofen zur Hitze-Desinfection von Sand, Bauschutt u. s. w. construirt, welcher an der Baustelle selbst

aufgestellt wird. Das Material bleibt mit glühend erhaltenen Eisenplatten circa 1 Stunde in Berührung und wird während dieser Zeit einer Temperatur von mindestens 180° C. ausgesetzt, worauf es über dieselben in rollender Bewegung abläuft.

Bei den Erweiterungsbauten des Regierungsgebäudes in Hildesheim wurde zum Durchglühen der Füllmasse an der Baustelle selbst ein leicht transportabler Apparat verwendet, welcher im Wesentlichen aus einer geneigt liegenden drehbaren Trommel *a b c d* aus Eisenblech besteht, in welche der Sand an dem hochliegenden Ende *A* eingeschüttet wird, um auf dem glühend gemachten Mantel derselben unter beständigem Durchrühren mittels schraubenförmig aufgenieteter Bleche *e* und Schaufeln *f* langsam dem unteren Ende zugeführt zu werden,


Fig. 75.



aus welchem der stark erhitzte Sand schliesslich auf die glühende schrägliegende Herdplatte *B* herabfällt und von dieser hinuntergleitet, um sodann in die Zwischendecken aufgeschüttet zu werden.

Das Erhitzen der Trommel geht in einem Cylindermantel aus Eisenblech vor sich, welcher die Verbrennungsgase der Feuerung *C* aufnimmt und dem Schornstein *D* zuführt.

Die Glüh-Trommel und ihr Mantel ruhen auf einem mit dem Herde festverbundenen Blockgestell. Am oberen Ende der Trommel befindet sich der Schütttetrichter *A*, während am unteren Ende die Kurbel zum Drehen der Trommel angebracht ist. Der Apparat kann auseinandergenommen werden und kostet bei einem Gewicht von 250 Kg. 150 Mark. [1])

Centralblatt der Bauverwaltung, 1889, S. 200.

Es wäre eine Aufgabe der Hygiene und der Technik, diese Apparate unter Berücksichtigung von controlirenden chemischen und bacteriologischen Untersuchungen derart zu vervollkommnen und zu vereinfachen, dass die allgemeine Anwendung derselben beim Wohnhausbaue ohne wesentliche Kostenbelastung baupolizeilich vorgeschrieben werden kann.

Kalktorf als Füllmaterial für Zwischendecken.

Nussbaum[1]) hat auf Grund eingehender Untersuchungen den Kalktorf als ein Füllmaterial für Zwischendecken empfohlen, welches sowohl die parasitären Holzkrankheiten als auch die Ansammlung von pathogenen Mikroorganismen verhüten soll.

Der Kalktorf besteht aus 4—6 Volumtheilen Torfmull und ein Volumtheil gelöschtem Kalk, welche mit so viel Wasser vermengt werden, dass ein dünner Brei entsteht, der öfter durchgerührt und nach mehrtägigem Stehen in kleine Stücke zertheilt wird.

Die Kosten des Füllmaterials würden dessen allgemeine Anwendung ausschliessen, wenn nicht durch das geringe Gewicht des Kalktorfes die Herstellungskosten der Constructionstheile wesentlich billiger zu stehen kämen, als bei der überall üblichen von Jahrhundert zu Jahrhundert überkommenen Balkendecke mit Sand- oder Bauschuttfüllung u. dgl.

Aber die conservative Wissenschaft des Hochbauwesens, die selten selbst, sondern meist nur durch fremde Einwirkungen gezwungen, sich zum Fortschreiten entschliesst, hat hievon bis jetzt noch wenig Notiz genommen. Der Torf selbst, oder Torfmull u. dgl., sind als Zwischendecken-Füllungen ungeeignet, weil der hohe Gehalt desselben an stickstoffhaltigen organischen Stoffen und Ammoniak (1 Kg. N und 0,13 Kg. NH_3 pro 1 Cbm. Torf sind Minimalwerthe) bei dem hygroskopischen Eigenschaften dieses Materials, günstige Ernährungsbedingungen für Hausschwamm und Schimmelpilze bedingt.

Ganz anders verhält sich Kalktorf. Er enthält pro 1 Cbm. nur 0,02 bis 0,03 Kg. Ammoniak und 0,65 Kg. Stickstoff.

Bacterien können sich in solchem Material, so lange der Aetzkalk nicht in kohlensauren Kalk übergeführt ist, nicht entwickeln. Zugleich ist der Kalktorf flammensicher; er erglüht allerdings in kräftiger Flamme rasch, fängt aber weder Feuer, noch leitet er die Flamme und schützt in Folge der geringen Wärmeleitung leicht brennbare Stoffe vor dem Entflammen. Das Gewicht des Kalktorfs ist

1) Hygienische Anforderungen an die Zwischendecken der Wohnhäuser. Archiv für Hygiene, Bd. V, S. 290 etc.

gering; 1 Cbm. wiegt je nach Kalkzusatz 150—220 Kg. während das Gewicht von 1 Cbm. Sand oder Kies 1400—1900 Kg. beträgt. Die Entlastung der Constructionstheile der Zwischendecken ist somit eine bedeutende. Die Wärmeleitung des Kalktorfes ist in Folge höherer specifischer Wärme wesentlich geringer als die des Sandes; dennoch gewährt derselbe des geringen Gewichtes halber, dem Sande gegenüber grosse Ersparnisse an Brennmaterial. Hat beispielsweise die Zwischendecke vor dem Anheizen eine Temperatur von 8° C. und soll dieselbe auf 16° C. erwärmt werden, so sind in 1 □m. Decke bei der Verwendung von Sand als Füllmaterial 330 Kg., bei der Verwendung von Kalktorf aber nur 150 Kg. zu erwärmen. Rechnet man die specifische Wärme der verschiedenen Stoffe in der Zwischendecke im ersten Falle zu 0,45, im zweiten Falle zu 0,6, so ergibt sich für 1 □m. Decke mit Sandfüllung ein Verbrauch von $8 \times 330 \times 0{,}45 = 1188$ Kg. Cal., für 1 □m. Decke mit Kalktorffüllung von $8 \times 150 \times 0{,}6 = 720$ Kg.-Cal., also für den ersten Fall ein täglicher Mehrverbrauch von 468 Kg.-Cal. Da nun aus 1 Kg. bester Steinkohlen in guten Heizvorrichtungen etwa 5000 Kg.-Cal. gewonnen werden, so beträgt der Mehrverbrauch bei der Annahme von 181 Heiztagen im Jahr 16,8 Kg. bester Steinkohlen. Wird der Preis der letzteren mit 2 Pfg. pro 1 Kg. angenommen, so ergibt sich eine jährliche Mehrausgabe von 33,6 Pfg., was bei einer 5proc. Verzinsung einer Vermehrung der Kapitalsanlage von 6,72 Mark für ein □m. Zwischendecke gleichkommt.

Wird die Füllung durch luft- und wasserdichten Abschluss, welcher bei Anwendung von Dachpappe nur 1 Mark pro □m. kostet, gegen das Eindringen von Flüssigkeiten und Staub geschützt, dann kommt das grosse Wasseraufnahme-Vermögen des Torfes kaum in Betracht. Durch die Imprägnirung des Torfes mit Kalk wird übrigens auch die Wasseraufnahme etwas geringer und dieselbe ist dann ungefähr die gleiche wie bei Sand. Ein Cbm. Kalktorf nimmt bei einer relativen Feuchtigkeit von 90—95 Proc. bei Kellertemperatur im Verlauf eines Monats etwa 17 Kg. Wasser auf, während 1 Cbm. lufttrockener Sand unter gleichen Verhältnissen etwa 23 Kg. Wasser enthält. Die Versuche, welche Nussbaum anführt, um zu beweisen, dass der Kalktorf sowohl das Entstehen von Holzkrankheiten, als auch die Bildung von Seuchenherden innerhalb der Zwischendecken verhüten, sind zwar unvollkommen, und namentlich ist die Schlussfolgerung, dass der Kalktorf sogar die dem Holz und dem Mauerwerk anhaftenden Mikroorganismen zerstöre, ganz unberechtigt, da es sich z. B. beim Hausschwamm um sehr widerstandsfähige Sporen handelt; immerhin aber darf man auch ohne Versuche schliessen, dass sowohl die

Bildung von Seuchenherden, als die Entstehung von Holzkrankheiten in den Kalktorf-Zwischendecken so sehr erschwert ist, dass **bei Anwendung von Asphaltpappe zum Schutz gegen Feuchtigkeit**, jede Gefahr ausgeschlossen erscheint.

Geschieht dies aber nicht, dann kann es auch bei Kalktorffüllung zur Hausschwammentwickelung kommen, ja es scheint sogar nach neueren Beobachtungen [1]), dass der mit Aetzkalk behandelte Moostorf eine der Entwickelung des Hausschwammes förderliche Masse ist.

Wie man verfahren muss, um das Verhalten von pathogenen Bacterien in der Zwischendeckenfüllung zu studiren und sicher zu stellen, dafür können die folgenden von Nocht ausgeführten Untersuchungen der Diatomeenerde als Vorbild dienen.

Die Kosten des Kalktorfs betragen etwa 8—10 Mark pro Cbm. während reiner Kies sich nur auf etwa die Hälfte dieses Preises stellen wird. Dagegen werden durch das weit geringere Gewicht des Kalktorfes die Herstellungskosten der Constructionstheile billiger. Es ergibt sich dann die in Fig. 76 skizzirte Zwischendecke (Profil einer Balkendecke mit Kalktorffüllung) bei welcher der Fehlboden

Fig. 76.

ganz erspart werden kann, da die Kalktorffüllung bei einer Höhe bis 50 Cm. und mehr noch unbedenklich von der Deckenschalung getragen zu werden vermag. Dadurch werden zugleich alle Hohlräume, die zum Resonanzboden werden können, vermieden und die Construction gesunder, da der Fehlboden selbst als ein Uebelstand betrachtet werden muss. Zu demselben werden, da sie dem Auge entzogen sind, meist minderwerthige Bretter verwandt, oft sogar angefaultes Holz, welches anderweit nicht unbemerkt genommen werden kann. Infolgedessen ist gerade im Fehlboden häufig die Brutstätte für Holzkrankheiten zu suchen, seine Entfernung nur als ein weiterer Vortheil anzusehen.

Bei dieser Balkendecke mit Kalktorffüllung werden nach Nussbaum 17,5 Pfg. pro □m. gegenüber einer Balkendecke mit Sandfüllung und Fehlboden, erspart.

1) Correspondenzbl. des Vereins der Werkmeister Württembergs, 1888, und Centralblatt d. Bauverwaltung, 1886, S. 132.

Dagegen wird der wasser- bezw. luftdichte Abschluss je nach seiner Wahl geringere oder grössere Mehrkosten bedingen, welche jedoch auch bei der Verwendung von Kies oder Sand als Füllmaterial vorhanden sein würden, da ein solcher Abschluss von der Hygiene als absolute Bedingung einer gesunden Decke gefordert werden muss.

Ein solcher Abschluss stellt sich für 1 □m. etwa: Dachpappe mit Masticanstrich, Arbeitslohn und Allem auf 0,8—1 Mark; Superatorpappe sammt Allem 0,5 Mm. stark auf 1,25—1,50 Mark; 1 Mm. stark auf 1,75—2 Mark; Asphalteinbettung sammt Allem auf 2—2,5 Mark.

Diesen Mehrkosten steht aber, nach den weiter oben gegebenen Berechnungen, eine sehr bedeutende Ersparniss durch geringeren Brennmaterialverbrauch zum Erwärmen der Decke gegenüber.

In torfreichen Gegenden wird daher die von Nussbaum empfohlene Balkendecke mit Kalktorffüllung allgemeine Anwendung finden können.

Diatomeenerde als Füllmaterial für Zwischendecken.

Zu den besten Füllstoffen für Zwischendecken gehört zweifelsohne die sogenannte „Diatomeenerde."

Nach Untersuchungen, welche Dr. Nocht unter Rob. Koch's Leitung ausgeführt hat, bildet die Diatomeenerde eine graue, trockene, geruchlose, äusserst feinpulverige Masse, welche sich unter dem Mikroskop als fast ausschliesslich aus Kieselpanzern bestehend, d. h. als reine Infusorienerde, darstellt. Diese Erde wird aus den Kieselguhrlagern bei Unterlüss in der Lüneburger Haide zu Tage gefördert, geschlemmt, gemahlen und mit kalter conc. Schwefelsäure aufgeschlossen.

Die Säure wird darauf mit Wasser wieder ausgewaschen und die Erde bei 200° C. getrocknet, geglüht und dann in den Handel gebracht.

Um zu entscheiden, ob das Material reich, oder arm an Mikroorganismen ist, wurden Proben von der Oberfläche und aus der Tiefe auf Gelatineplatten ausgesäet. Während 2 dieser Culturplatten ganz steril blieben, entwickelten sich auf 5 anderen nur ganz vereinzelte Bacterien- und Schimmelpilz-Colonieen welche offenbar von zufällig beim Verpacken und Umfüllen in die Erde gelangten Keimen herrührten, 1 Ccm der Erde enthält nur 3—4 Bacterien- und Schimmelpilz-Keime und wenn auch der Glühverlust zu 15,6 Proc. bestimmt wurde, so zeigten doch weitere Untersuchungen, das stickstoffhaltige organische Stoffen nur in Spuren vorhanden waren.

Um zu entscheiden, wie sich pathogene Bacterien in der Diatomeenerde verhalten, wurde Nährbouillon, welche Cholera, Typhus und

Eiterbacterien enthielt, einmal nur oberflächlich mit der Erde gemischt, ähnlich den natürlichen Verhältnissen beim Versickern von Hausabwässern durch Dielenritzen, oder aber es wurde die Erde erst mit keimfreiem Wasser vollständig durchfeuchtet und dadurch in eine schwarze knetbare Masse verwandelt, welche leicht und gleichmässig mit der bacillenhaltigen Bouillon vermischt werden konnte. Im ersten Falle blieben die 3 Krankheitserreger während der ersten 8 Tage entwickelungsfähig. Nach 14 Tagen waren die Cholerabacillen und nach 3 Wochen die Typhusbacillen abgestorben, während die Eiterkeime unbeeinflusst geblieben waren.

Bei den Versuchen mit der vollständig durchfeuchteten Erde dagegen waren die Cholerabacillen sofort, resp. nach wenig Stunden, die Typhusbacillen und Eitermikroben nach 8 tägigem Verweilen in der feuchten Erde getödet.

Die in dieser Erde enthaltenen in Wasser lösliche Bacterien tödtenden Stoffe sind schwefelsaure Eisensalze, welche auch in Wohnungen, in welchen das Material zur Zwischendecken-Füllung benutzt wird, zur Wirkung gelangen werden, da Krankheitskeime in in der Regel mit grösseren Mengen Flüssigkeit (verschüttete Waschwässer, Urin, Putzwasser u. s. w.) in die Zwischendecken gelangen.

Der natürliche Wassergehalt der Diatomeenerde betrug 7,6, der von Bauschutt 1,7, von Asche 1,13 und von scharf getrocknetem Sande 0,13 Proc. Das Wasseraufsaugevermögen, d. h. die grösste Menge von Wasser, welche eine bestimmte Stoffmasse nach Uebersättigung mit Wasser schliesslich so zurückhält, dass nichts mehr abtropft, wurde für Diamoteenerde auf 223, für Bauschutt auf 27,6, für Asche auf 86,4 und für Sand auf 17,5 Proc. des Eigengewichts bestimmt. Diatomeenerde übertrifft demnach die sonst zur Ausfüllung von Zwischenböden benutzten Stoffe in Bezug auf wasserhaltende Kraft um ein sehr erhebliches.

Hierbei ist indessen noch die besondere Eigenschaft zu berücksichtigen, dass die Diatomeenerde, wie schon erwähnt, Flüssigkeiten nur ganz langsam aufnimmt; bringt man sie mit viel überschüssigem Wasser zusammen, so schwimmt die Erde grösstentheils oft 24 Stunden und länger auf dem Wasser und saugt sich erst ganz allmählich voll, um schliesslich unterzusinken, während die anderen Füllstoffe das Wasser bis zur Sättigung sofort annehmen. Diese Eigenschaft der Diatomeenerde ist eine Folge der ausserordentlich feinen Vertheilung der Luft in den Poren der Masse. Die Diatomeenerde weisst das aussergewöhnlich grosse Poren-Volumen von 86 Proc. auf. In Folge der capillaren Adhäsion gelangt diese Luft nur schwer zur Aus-

treibung und kann durch Wasser nur ganz langsam verdrängt werden. Für die hygienische Beurtheilung kommt diese schwere Benetzbarkeit gegenüber dem sehr grossen Wasserhaltungs-Vermögen insofern in Betracht, als letzteres nur bei ganz allmählicher Ansaugung in Wirksamkeit tritt, also bei Neubauten und bei langsamer Wasseraufnahme aus feuchten Wohnungen; wo dagegen plötzliche Ueberschwemmungen stattfinden, wie zum Beispiel beim Aufwaschen schlecht gedielter oder schadhafter Fussböden, da kann der Fall eintreten, dass Zwischenböden, welche mit Diatomeenerde ausgefüllt sind, die eingelaufene Flüssigkeit alsbald durchtreten lassen, sodass dann an der Decke der unteren Wohnung die Flüssigkeit Schaden anrichten kann, während andere Füllstoffe nicht zu grosse Mengen solchen Wassers ohne Weiteres zurückhalten. Bei gut gedichteten Fussboden aber ist in der Regel ein derartiges Durchtreten des Wassers nicht zu befürchten, es wird vielmehr in den meisten Fällen das langsame Aufsaugen und das grosse Wasserhaltungs-Vermögen der Diatomeenerde den wesentlichen Nutzen herbeiführen, dass das Mauerwerk, die Dielen, Balken und Lagerhölzer ausgetrocknet und trocken erhalten werden. Bei der Hartnäckigkeit, mit welcher diese Erde das Wasser zurückhält, stellt sich ein gewisser höherer Feuchtigkeitsgrad in den Zwischendecken ein, der aber im Gegensatz zu anderen Materialien, wo er Fäulniss begünstigen würde, nur erwünscht sein kann, weil er der Trockenheit des Holzes keinen Abbruch thut, die Entfaltung der fäulnisswidrigen Eigenschaften aber befördert.

Um die Wasseraufnahme-Fähigkeit der Diatomeenerde dabei zu erschöpfen, müssten von dem auszutrocknenden Bauwerk, Wassermengen geliefert werden, wie sie auch nur annähernd in Wirklichkeit nicht beobachtet worden sind.

Um die verschiedenen Füll-Materialien in Bezug auf Wärmeschutz zu vergleichen, wurden Metallcylinder mit einer 2 Cm. starken Schicht der einzelnen Stoffe umhüllt, mit einem Blechmantel umgeben, und mit Wasser von 45° Wärme gefüllt. Bei einer Aussentemperatur von 19° kühlte sich nach Verlauf von 1 Stunde 50 Minuten das Wasser in den Cylindern wie folgt ab:

Bei Umkleidung mit	Diatomeenerde	auf 39°
„ „ „	Sand	„ 34,3°
„ „ „	Bauschutt	„ 33,3°
„ „ „	Asche	„ 35,8°
„ „ „	Luft (bei leergelassenem, äusserem Blechmantel)	„ 37,2°

Setzt man die Grösse der Abkühlung durch den Luftmantel = 100,

In der That gibt NUSSBAUM[1]) an, dass er Schlackenwolle unbekannter Herkunft in der Weise untersuchte, dass über einem damit gefüllten Fasse, Filtrirpapierstreifen, welche mit Bleiacetat getränkt waren, aufgehängt wurden. Dieselben blieben dauernd weiss, so dass also H_2S durch die Einwirkung der Luft nicht erzeugt wurde.

Erst als dem Wasserauszuge, welcher leicht alcalisch reagirte, verdünnte Schwefelsäure zugesetzt wurde, trat der specifische Geruch des Schwefelwasserstoffgases schwach auf und Bleiacetatpapier wurde leicht gebräunt. Es waren also Spuren von H_2S freigeworden, die aber so minimal waren, dass von irgend welchen dadurch hervergerufenen Unannehmlichkeiten, oder gar von Gefahr nicht die Rede sein kann.

Es kann sich übriges Jedermann, ohne Chemiker zu sein, leicht durch folgenden Versuch überzeugen, ob eine Schlackenwolle Schwefelcalcium enthält oder nicht: Man füllt ein Trinkglas zur Hälfte mit Schlackenwolle, giesst Wasser zu, bis dieses gerade über der Wolle steht, und träufelt einige Tropfen Essig ein. Der Schwefelwasserstoff wird sich dann, namentlich beim Umschütteln, durch Geruch nach faulen Eiern verrathen.

Wo Schlackenwolle in grösseren Mengen zu haben ist, sollte man auf die Verwendung dieses sonst so geeigneten Materials zur Zwischendeckfüllung nicht von vornherein verzichten, sondern den Gehalt an Schwefelcalcium, wenn der obige Versuch das Vorhandensein von solchen ergeben hat, quantitativ feststellen lassen, um beurtheilen zu können, ob dadurch Schädigungen der Gesundheit oder von Inventar überhaupt möglich sind. Auch dürfte sich leicht ein einfaches und billiges Verfahren finden lassen, um die Schlackenwolle von Schwefel zu befreien. Hierzu genügt voraussichtlich schon die längerere Lagerung in feuchter Luft.

Es mag sein, dass die Entwickelung von Schwefelwasserstoffgas bei dem gewöhnlichen Gehalt der Luft an Feuchtigkeit und Kohlensäure nur unmerklich vor sich geht. Aber in unseren Häusern kommt die grosse Wassermenge hinzu, welche den verschiedenen Baumaterialien bei der Verarbeitung beigegeben werden muss und die allmälich wieder aus denselben entweicht; ferner die durch Respiration und Perspiration, sowie durch Gasflammen u. s. w. erzeugte bedeutende Menge Wasser und Kohlensäure, endlich das beim Aufwaschen, des Fussbodens versickernde und das beim Aufthauen des Fenstereises, sowie bei schlechter Fensterconstruction von Aussen eindringende und hinter den Täfelungen in die Zwischendecken-Füllung herab-

1) Archiv für Hygiene, Bd. V., S. 280.

fliessende Wasser. Das durch die Fugen eingedrungene Wasser verbreitet sich alsbald durch die Füllmasse, wenn solche aus festgestampfter Schlackenwolle besteht, weil diese wie ein Schwamm das Wasser aufsaugt. Ist hierbei die Schlackenwolle schwefelcalciumhaltig, so werden bald die bleiweisshaltigen Anstriche der Fussböden, Täfelungen und Wandsockel in Folge des Hervortretens von Schwefelblei Farbenänderungen erleiden, welche von den Fugen ausgehen und immer weiter um sich greifen. Allein das ist das geringere Uebel, das grössere liegt in den Gefahren für Gesundheit und Leben.

Nach LEHMANN [1]) bringt ein Gehalt der Luft von 0,5 ‰ Schwefelwasserstoff schon nach einigen Stunden ernsthafte Störungen, sehr deutliche cerebrale Wirkungen (Schwindel unsicheres Gehen, Zittern der Extremitäten, intracranielles Druckgefühl, Kopfschmerz, Herzklopfen und hochgradige Mattigkeit) hervor. 0,7—0,8 ‰ dürften nach wenigen Stunden 1—1 ½ ‰ rasch tödtlich werden. Dosen von weniger als 0,1 ‰ scheinen selbst bei mehrstündiger Einwirkung unschädlich zu sein, während bereits Dosen von 0,1—0,2 ‰, wenn sie mehrere Stunden einwirken, leichte Störungen (Hustenreiz, Lichtscheu, vermehrte Speichelsecretion u. s. w.) aber recht unangenehme Nachwirkungen (Augen- und Kopfschmerzen, Brechreiz, Mattigkeit u. s. w.) verursachen können. Es kommt übrigens bei Verwendung der Schlackenwolle zu Zwischendecken-Füllungen noch in Betracht, dass sich in Folge der Erschütterungen des Fussbodens ein feiner glasiger Staub bildet, welcher ebenfalls schädlich auf die Bewohner solcher Räume wirken kann. Endlich hat die Schlackenwolle ein sehr grosses Wasseraufnahmevermögen, durch welches die Entwickelung des Hausschwammes begünstigt werden könnte.

Alle diese Nachtheile der Schlackenwolle sind stark übertrieben und dadurch das so reine und keimfreie Fabrikat unverdienter Weise in Misscredit gebracht worden, denn durch die Construction staub- und wasserdichter Fussböden (Asphaltpappe unter den Fussbodendielen u. s. w.) kann diesen Nachtheilen und Gefahren sicher vorgebeugt werden.

Schlackensand als Füllmaterial für Zwischendecken.

Ein zur Ausfüllung von Zwischendecken vorzüglich geeignetes, sterilisirtes Material ist der sogenannte Schlackensand, welcher in den meisten Hochofenwerken erzeugt und auch zur Herstellung sehr poröser Bausteine, zur Mörtelbereitung, zur Ausfüllung hohler Fach-

1) Experimentelle Studien über Schwefelwasserstoff. Arch. f. Hyg., 1892, Bd. 14, S. 135 etc.

werkswände, sowie beim Baue von Eishäusern und zu vielen anderen Zwecken Anwendung findet.

Zur Fabrikation des Schlackensandes soll die Theorie der Bimssandbildung Veranlassung gegeben haben, nach welcher dieses vulkanische Produkt durch Niederfallen glühend flüssiger von Vulkanen ausgeschleuderter Lava in grosse Wassermassen (Binnenseeen) zu Stande gekommen ist.

Dem entsprechend wird der Schlackensand nicht, wie die Schlackenwolle, vermittelst Wasserdampf, sondern dadurch hergestellt, dass man auf die vom Hochofen abfliessende Schlacke einen kräftigen Wasserstrahl leitet, der die Schlackenmasse mit sich in einen Behälter reisst, wodurch dieselbe in kleine Erbsen- bis Bohnen-grosse, grannulirte Stückchen zertheilt und in jedem derselben durch den Wasserdampf zahlreiche, feine Porencanäle gebildet werden.

Vor Benutzung des Schlackensandes zur Ausfüllung von Zwischendecken u. s. w. ist es erforderlich, denselben vollkommen zu trocknen, und da er die Feuchtigkeit sehr schwer abgiebt, so empfiehlt es sich den Trockenheitsgrad vor der Verwendung durch eine Wasserbestimmung festzustellen. Die Besitzer von Wohngebäuden, deren Zwischendecken mit solchem Schlackensand ausgefüllt waren, rühmten mir übereinstimmend die gleichmässige Wärme der damit unterfüllten Fussböden.

Fussbodenconstructionen, welche eine periodische Besichtigung der Zwischendeckenfüllung gestatten.

Unter den zahlreichen von bautechnischer Seite vorgeschlagenen Constructionsverbesserungen des Fussbodens, haben sich besonders diejenigen als rationell und nützlich erwiesen, welche eine periodische Untersuchung des Fehlbodens ermöglichen.

BETHE hat zuerst den vernünftigen Vorschlag gemacht, den Fussboden der Wohnräume so zu construiren, dass er periodisch entfernt, der Fehlboden also einer zeitweisen Besichtigung, Austrocknung oder Desinfection unterworfen, eventuell beseitigt und durch neue, reine und trockene Füllung ersetzt werden kann.

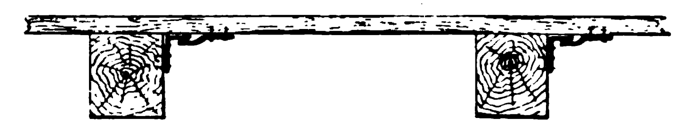
Die von BETHE angegebene Fussboden-Construction wurde bereits vielfach, namentlich aber bei Wohngebäuden, welche häufigen Inundationen ausgesetzt waren, mit bestem Erfolg angewendet. Da die Entfernung einzelner Dielen von Jedermann leicht vorgenommen werden kann, so kennzeichnet diese Construction auch insofern einen hygienischen Fortschritt, als dieselbe die Herstellung von Centralheizungen, Wasserleitungen, Ventilationscanälen erleichtert und die

Controlirung oder Reparatur dieser sanitären Anlagen zu jeder Zeit ermöglicht.

An den Schwellen (Fig. 77) sind Winkeleisen befestigt, welche entweder (nach Fig. 77) mit der Schwellenoberkante in eine Ebene gelegt, oder besser weiter unten befestigt werden.

An den unteren Flächen der Dielen sind Haken angeschraubt.

Fig. 77.



Mittelst dieser passend ineinandergreifenden Winkeleisen und Haken werden die Dielen eine neben der anderen fixirt. Die letzte Diele wird lose auf die Schwellen gelegt und daran ein Stück Wandleiste befestigt.

Schraubt man dieses Stück ab, dann kann diese herausgehoben und beliebig viele andere Dielen an ihre Stelle geschoben, und dadurch die Verbindung mit den Schwellen gelöst werden.

Die Dielen selbst werden unter einander durch sogenannte Verbandstifte zusammengefügt.

Haben sich in Folge des Wechsels von Durchfeuchtung und Austrocknung Fugen gebildet, so wird der Schmutz zwischen denselben entfernt, die lose geheftete Wanddiele gehoben und dann die Fläche zusammengetrieben, bis alle Fugen beseitigt sind.

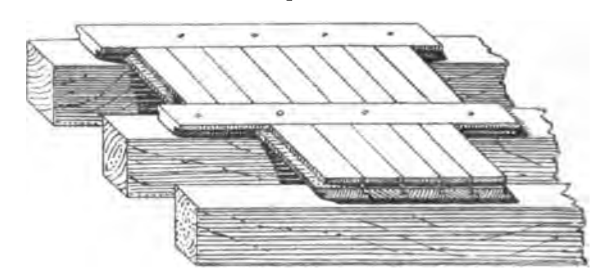
Die Mehrkosten dieses Fussbodens betragen nach FRÖHLICH pro □m. nur 78 Pfge., die aber durch Ersparung der zu vielen Unzuträglichkeiten Veranlassung gebenden Nägel vollständig aufgehoben werden. Die Anwendung dieser Construction über T-Trägern (Fig. 77) ermöglicht zudem durch den Wegfall der Lager erhebliche Kosten-Ersparung. Die Vortheile beweglicher Fussboden-Constructionen haben sich in der Praxis bereits vielfach bewährt.

Neuerdings hat Architekt KIRCHHOFF in Ludwigshafen eine solche in Vorschlag gebracht. Dieselbe ist im Capitel „Dielenfussboden“ (Seite 284) ausführlich beschrieben.

Auch im Apparaten-Saale des kaiserl. Haupt-Telegraphen-Amtes in Berlin hat sich ein dort zuerst angewendeter beweglicher, d. h. aufnehmbarer Fussböden als durchaus zweckdienlich erwiesen. In diesem künstlerisch ausgestatteten Saale sollten aus decorativen Gründen alle Leitungsdrähte, Gasröhren u. s. w. derart unter dem Fussboden angebracht werden, dass bei etwaigen Störungen leicht Abhülfe ge-

schafft werden konnte. Durch die in Fig. 77a. dargestellte Construction wurde dieser Zweck vollkommen erreicht. Die Gurtbögen für die Gewölbekappen bilden die Auflager für die Lagerhölzer und der ganze Raum zwischen der oberen Wölbfläche und der Fussboden-Unterkante bleibt für die Unterbringung der Leitungsdrähte und Röhren u. s. w. hohl. Die Oberkante der Lagerhölzer ist behobelt und liegt genau in einer horizontalen Ebene. Die Dielung besteht aus glatt gehobelten und gespundeten Eichenholz-Stäben, welche, 10 Cm. lang und 3,5 Cm. stark (wie in Fig. 77a. ersichtlich), nach der Unterseite hin einen kurzen Vorsprung haben. Der letztere wird von entsprechend profilirten 3 Cm. starken Längsleisten gedeckt, welche mit Holzschrauben auf den Lagerhölzern verschraubt sind und zwar so, dass die Unterkante ein wenig hohl liegt, wodurch ein festes Anziehen der Deckleiste ermöglicht und ein etwaiges Schlottern der Stäbe vermieden wird.

Fig. 77a.



Da diese Fussboden-Construction auch für Wohnräume wegen der zeitweisen Controlirbarkeit der Füllung und der leichten Unterbringung von Heizröhren, Ventilationscanälen, elektrischen Leitungsdrähten u.s.w. von grossem Werthe ist, so sei noch bemerkt, dass mittels der erwähnten Einrichtungen jeder Raum zwischen zwei Lagerhölzern der ganzen Länge des Saales nach als Führungscanal (für Röhren u. s. w.) benutzt werden kann. Um aber die Führung auch in senkrechter Richtung gegen die Lagerhölzer zu ermöglichen, werden dieselben an den erforderlichen Stellen in einer Breite von 30—50 Cm. ausgeschnitten und die hiedurch gebildeten Zwischenräume mit Bohlenstücken überdeckt, welche an beiden Enden mit Zapfen eingelassen und fluchtrecht behobelt sind. Die freien Enden der Lagerhölzer werden untermauert. Die Kosten dieses Fussbodens betragen 11 Mark pro □m.[1])

1) Prof. C. Schwatlo: Der innere Ausbau von Privat- und öffentl. Gebäuden. Bd. I, S. 56. Leipzig 1882. G. Knapp's Verlag.

Zwischendecken aus reinen, schlecht wärmeleitenden, künstlichen Steinplatten (Gipsdielen, Korksteinen, Cementdielen etc.).

Hygienisch vollkommene Zimmerdecken können mit Hülfe von Gipsdielen, Spreutafeln u. s. w. hergestellt werden.

Die Gipsdielen bestehen aus einem Gemisch von porösen und fest bindenden Stoffen (Haaren, zerkleinerten Kork u. s. w.) und Gips. Durch diese Beimischung erhält die Gipsmasse eine grosse Leichtigkeit sowie Zähigkeit und dieselbe wird durch Einlage von vegetabilischen Röhren (Binsen und Bambus) oder dünnen Holzstäbchen versteift und leichter gemacht. Unter Umständen erhalten die Gipsdielen auch noch eine Unterlage von Asphaltpappe.

Sie lassen sich bohren, nageln und sägen, so dass ihre Verwendung eine äusserst einfache und leichte ist. Die Spreutafeln stellen ein ganz ähnliches aus einer Mischung von Weizenspreu, Gips, Kalk, Leimwasser, Thierhaaren u. s. w. bestehendes Präparat dar.

Fig. 78.

Mst. 1:20

Die Gipsdielen werden, wie die Fig. 78 zeigt, als Voll- oder Hohlgipsdielen in einer Länge von 2½ Meter, einer Breite von 25 bis 40 Cm. und einer Dicke von 3—15 Cm. hergestellt. Dieselben wiegen bei 5 Cm. Dicke auf 1.□ 33 Kg. und kosten (ohne Asphaltpappe) 1,80 Mark.

Anfangs wurden sie nur als Ersatz für Einschub, Lehmstrich und Schlacken- oder Schuttauffüllung angefertigt. Sie wurden auf die den Balken sleitich angenagelten Latten verlegt und nachdem die Fugen mit Gips verstrichen waren, mit Sand bis zur Oberkante der Balken aufgefüllt.

Diese Anordnung erscheint aber in sanitärer Beziehung unvollkommen, da sich die Sandfüllung ganz vermeiden lässt, wenn man die Zwischendecken nach Fig. 79 und Fig. 80 (Siehe S. 262) construirt. Solche Zwischendecken kommen jetzt in München vielfach zur Ausführung.

Die Gipsdielen werden in Stücke, je nach der Weite der Balkenfläche zersägt, auf längs der Balken angenagelte Latten in gleicher

Höhe mit der Oberkante der ersteren verlegt und die Fugen mit Gipsmörtel ausgestrichen. Werden an die Unterkanten der Latten, wie in Fig. 80, ebenfalls Gipsdielen angenagelt und wird auch der Plafond aus solchen gebildet, dann erhält man drei oder bei Verwendung von Hohlgipsdielen vier Luftisolirschichten und sehr warmhaltende Decken.

Dieselben entsprechen aber noch nicht ganz den Bedingungen die erfüllt sein müssen, wenn man gesunde Wohnungen erzielen will. Unbedingt nothwendig ist eine undurchlässige Einlage (Dachpappe mit Mastixanstrich, Superatorpappe, Asphaltpappe o. dergl.) unter dem Fussboden zum Schutze der Gipsdielen vor Durchnässung und Verunreinigung.

Die Gipsdielen bedürfen eines solchen Schutzes ganz besonders. v. PETTENKOFER hat bekanntlich die Beobachtung gemacht, dass in

Fig. 79.

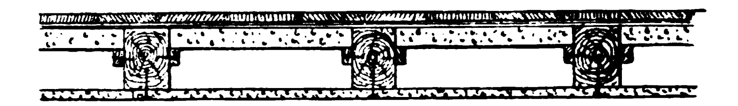
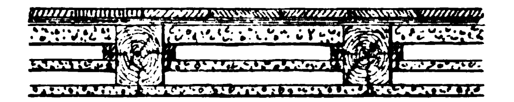


Fig. 80.



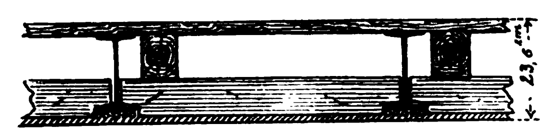
Zwischendecken, die mit Gipsbrocken gefüllt waren, der Hausschwamm ganz besonders üppig sich entwickelte. Der Grund hiervon ist aber nicht, wie man anfangs glaubte, darin zu suchen, dass die schwefelsauren Salze zur Ernährung des Hausschwammes resp. zu dessen üppiger Entwickelung nöthig sind, sondern in dem grossen Wasserfassungsvermögen des Gipses und in dem Umstande, dass derselbe aufgenommenes Wasser sehr lange zurückhält, d. h. nur schwer austrocknet.

Das Wasserfassungsvermögen des Gipses beträgt nämlich, ausgedrückt durch die Hohlraumprocente 65,9 Proc. Gips hat von allen künstlichen und natürlichen Bausteinen und Bindemitteln, die C. LANG[1] untersuchte, die grösste Wassercapacität. Wie langsam Gipsdielen ihr Wasser abgeben, geht aus einer Beobachtung von NUSSBAUM hervor, nach welcher solche aus einer Münchener Fabrik, obgleich sie von

1) LANG, l. c. p. 104.

dieser als völlig trocken geliefert waren, nachdem sie weitere 6 Wochen im trockenen, luftigen Raum frei gelegen hatten, noch 12 Proc. ihres Gewichtes an Wasser enthielten (im Trockenschrank bei 90 ° C. bestimmt). (Wenn man Gips bei 400—500 ° C. bezw. Rothgluth brennt, dann nimmt derselbe das Wasser nur langsam auf und erhärtet, wenn Zusätze von Schlacke, Bimssteinstückchen gemacht werden, hydraulisch, so dass solches Material, welches eine sehr hohe Festigkeit annimmt auch in feuchten Lagen benützt werden kann.)

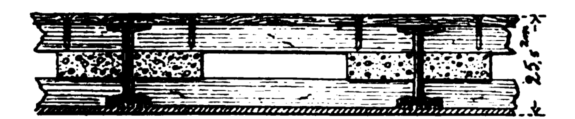
Fig. 81.



Bei Holzbalkendecken kann man auch zwischen den Balken mit deren Oberkante gleich, einen Blindboden einschneiden, auf welchen die Gipsdielen befestigt werden. Hiernach wird Asphalt aufgegossen und der Parkettboden gelegt. Der Plafond wird durch an die Unterflächen der Balken genagelte Gipsplatten gebildet.

Gipsdielen werden neuerdings auch für Decken in Verbindung mit Eisenträgern verwendet. Fig. 81 und 82 zeigt eine solche Decke, bei welcher die Dielung auf Lagerhölzern befestigt ist. Ueber den auf den unteren Flanschen der Eisenträger eingeschobenen Gipsdielen ist eine in der Fig. 81 nicht angegebene wasserdichte Schichte angebracht.

Fig. 82.



Diese Construction erscheint unzweckmässig, da durch den Fussboden sickernde Flüssigkeiten zwar nicht durch die Decke hindurch in das darunter gelegene Zimmer abtropfen können, sich aber auf der wasserdichten Schichte ansammeln und hier in Fäulniss übergehen, eventuell auch die Bedingungen zur Entwickelung pathogener Keime bieten.

Zweckmässig ist dagegen die in Fig. 82 skizzirte Decke, in welcher zunächst auf den Unterflanschen der Träger eine Lage Gipsdielen verlegt ist. Dieselbe wird am besten aus sogen. Einschwenkplatten, welche rhomboidisch geformt und leicht einzubringen sind, hergestellt. Ausserdem ist eine Zwischenlage von Gipsplatten parallel

den Trägern angebracht. Ueber den Deckplatten wird der Holzfussboden in Asphalt verlegt.

Auch auf folgende Weise können nach Fig. 82a undurchlässige Gipsdielendecken hergestellt werden: 7—8 Cm. starke Gipsdielenstücke werden zwischen die eisernen Flanschen geschnitten, so dass die Gipsdielen ca. 1¼ Cm. über letztere vorstehen. Die Fugen werden mit Gipsmörtel ausgegossen. Hierauf wird eine Lage Dachpappe, welche

Fig. 82a.



an den eisernen Balken aufgebogen ist, über die Gipsdielen gelegt und Gipsbeton (Verhältniss 1 : 8) eingebracht. Die Flanschen können mit Isolirfilz verkleidet und gerohrt werden. Die Rohrnägel werden längs der eisernen Balken an den Gipsdielen befestigt. Die Gipsdielenfläche wird aufgepickt und circa 1 Cm. stark verputzt. Der Fussboden besteht aus Parkett in Asphalt verlegt. —

Fig. 83.

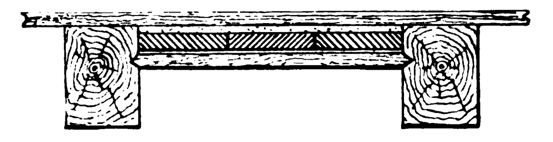
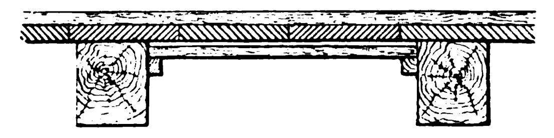


Fig. 84.



Auch Korksteine (Korkstücke mit Thon und Kalk zusammengekittet) werden ihrer schlechten Wärmeleitung und ihres geringen Gewichtes wegen nach Fig. 83 und 84 bei Zwischendecken verwendet. Auch hier sollte die über den Korksteinen befindliche Sandauffüllung vermieden und die Korksteine durch eine wasserundurchlässige Einlage unter dem Fussboden geschützt werden. Soll neben dem Wärmeschutz auch Schalldämpfung erzielt werden, dann verlegt man die Korksteine nach Fig. 84 über den Balken. Der Preis der Korksteine beträgt

zur Zeit noch 50 Mark pro Cbm., was einer allgemeineren Anwendung entgegensteht.

Neuerdings werden auch leichte bei der Zwischendeckconstruction verwendbare Bimssteincementdielen hergestellt, die sich sägen, bohren und nageln lassen, so dass an ihnen Holz- und Rohrdecken befestigt werden können. Sie sind schlechte Wärmeleiter und sollen sich durch grosse Festigkeit auszeichnen. Ein Quadratmeter wiegt bei 5—12 Cm. Stärke 55 bis 120 Kg. und kostet 2,50—4,50 Mark. Fabriken bestehen zur Zeit in 17 deutschen Städten. Die gewölbten Cementdielen mit Aussparungen eignen sich für massive Decken zwischen I-Trägern. Die Aussparungen werden mit Lehm, Beton oder dergl. ausgefüllt.

Den vorausgehend beschriebenen Zwischendecken ähnlich, aber in mehrfacher Hinsicht vollkommener ist die ganz neue Fehlboden-Construction von Karl Theohor Lange in Tomassow (Gouvernement Petrokow). Dieselbe ist umsomehr der Beachtung werth, als sie dem selbstlosen Bestreben entsprungen ist, auch für die arme Bevölkerung warm haltende, hygienisch einwandsfreie Zwischendecken-Constructionen unter Verwendung sonst werthlosen Materials zu ersinnen.

Das Material zur Herstellung der neuen Fussbodenunterfüllung ist veraschte Lösche.

Gewöhnliche Asche wird, wie schon erwähnt und wie auch K. Th. Lange auf Grund seiner in Russland gemachten Erfahrungen constatirt, vielfach zur Unterfüllung benutzt. Da dieselbe aber in den Aschengruben der Wohngebäude und Fabriken gesammelt wird, so ist sie mit Abgängen der Küchen, Wohnungen und Höfe durchsetzt, zumal ja diese Aschenbehälter gewöhnlich auch zugleich als Kehrichtgruben dienen. Das Material aus solchen Gruben ist sicherlich gefährlicher als menschliche Excremente, oder als der Inhalt von Abortgruben; denn es enthält, wie man sich leicht überzeugen kann, den Staub und Schmutz aus den Wohnungen, Haare, Kehricht, Küchenabfälle, den undesinficirten Inhalt aus Spucknäpfen u. s. w. und oft auch Excremente. Nichtsdestoweniger wird dasselbe, als wertloses Material aus Gewinnsucht bei uns und in anderen Ländern zur Fussbodenunterfüllung verwendet.

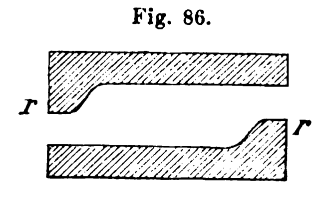
Lange dagegen benutzt nur Asche, welche bei grossen, industriellen Feuerungsanlagen resultirt und von Tagewässern durch langes Lagern ausgelaugt ist. Hauptsächlich verwendet er Lösche der Kohlenhalden an den Gruben, aus welcher durch Ausglühen, langjähriges Lagern und Auswaschen durch Tagewasser alle löslichen Bestandtheile entfernt sind.

Diese veraschte Lösche wird von grobkörnigen Theilen befreit und mit circa $^1/_3$ Lehm (Thon) und Wasserzusatz zu einer streichbaren Masse angerührt.

Aus dieser Masse werden Platten P, mit Rippen r (Fig. 85 u. 86) gebrannt. Von diesen Platten werden je zwei in specieller Art (wie aus der Zeichnung ersichtlich) zu einem „Element" so zusammengelegt, dass eine Luftkammer entsteht. Diese trockenen, durch das Brennen sicher sterilisirten „Elemente" werden unter den Dielen als Unterfüllung eingelegt, der Länge oder Quere nach, oder in Combination beider Richtungen. Die Stossfugen werden mit Lehm verstrichen. Dadurch werden Luftkammern gebildet, welche durchlaufend und je nach der Wahl von hoch oder niedrig gerippten Platten mit grösserem oder geringerem Querschnitt hergestellt und zweckmässig zur Abführung der warmen Abluft aus den mit Luftzuführung hinter dem Ofen versehenen Wohnräumen verwerthet werden können.

Fig. 85.

Fig. 86.



Weiterhin lässt sich der Windelboden ganz beseitigen und durch Latten L, besser noch durch Eisenstäbchen ersetzen, wodurch das Holzquantum des Windelbodens und die Feuersgefahr verringert wird. Diese schlecht wärmeleitenden Elemente sind auch als billiges Isolirmaterial zur Ausfüllung hohler Holz- und Eisenfachwerkwände, sowie bei Dach- und Bodenräumen geeignet.

Die Lösche begünstigt zwar, wie späterhin gezeigt wird, die Entwickelung des Hausschwammes, aber durch die Vermengung mit Thon soll die Ursache hievon, die grosse Wassercapacität, beseitigt werden, während durch die vorausgegangene Auslaugung mit Regen- und Schneewasser die für die Ernährung des Hausschwammes geeigneten, löslichen Salze angeblich entfernt werden.

Nach Lange sind die Vortheile dieser neuen Zwischendecken-Construction:

1. Der mässige Herstellungspreis, besonders an solchen Orten, wo neben Löschelagern auch Lehm reichlich vorhanden ist.

2. Geringes specifisches Gewicht.

3. Bedeutender Schutz gegen Hitze und Kälte, bedingt durch das dem Rohmaterial eigene schlechte Wärmeleitungsvermögen und die Bildung von Luftkammern.

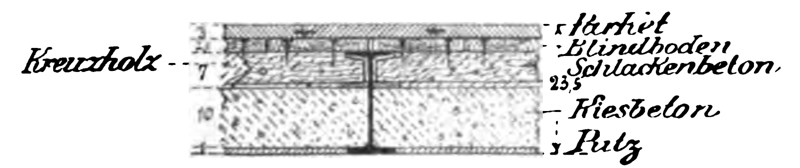
4. Abwesenheit der Keime des Hausschwammes, in Folge des Brennens des Materials.

6. Durch diese Sterilisirung bedingtes Freisein des Materials von Mikroorganismen, insbesondere pathogenen Bacterien, welche bei anderen Verfahren oft eingeführt werden.

7. Bedeutende Schalldämpfung im Gebäude.

8. Die leichte Möglichkeit von Luft-Zu- und Abführung zur Ventilation der Wohnräume und die Möglichkeit Heizröhren und elektrische Leitungen unterzubringen.

Fig. 87.



9. Die Möglichkeit der Herstellung von Fussbodenunterfüllungen im Winter, was oft bei Neubauten erwünscht ist.

10. Geringere Feuersgefahr durch Wegfall des Windelbodens u. s. w.

Undurchlässige Zwischendecken (aus Beton, Asphalt etc.).

Den hygienischen Anforderungen wird am vollkommensten entsprochen durch die Construction luft- und wasserdichter Fussböden und Zwischendecken.

Die erste umfassende Anwendung haben wagerechte Betondecken beim Baue des neuen Opernhauses in Frankfurt a. M. gefunden, und die dabei erzielten günstigen Ergebnisse, namentlich auch in Bezug auf die Belastungsproben bewirkten, dass eine rasche Entwickelung des Betondeckenbaues eintrat. Bei Wohngebäuden hat HEUSSNER [1]) diese neue Bauart mit bestem Erfolg angewendet.

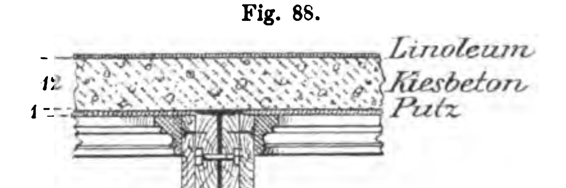
Bei zahlreichen Villen (Einfamilienhäusern) hat er sämmtliche Decken und auch das Dach massiv hergestellt. Die Fussböden der Erdgeschosse bestehen aus I-Trägern mit Beton zwischen denselben und sind unterwärts, d. h. in den Kellerräumen, geputzt. Der Fussbodenbelag besteht in den einfacheren Zimmern aus einem eichenen Riemenboden, der in Asphalt verlegt ist. Die Asphaltunterlage ver-

1) Zeitschr. d. Architekten- u. Ingenieurvereins zu Hannover, 1888, S. 19.

bindet sich innig mit dem Cementbeton. In den besseren Zimmern ist ein eichener Parket-Boden verwendet. Dazu sind Lagerhölzer (vgl. Fig. 85), Kreuzhölzer von 6×8 Cm. Stärke, unter die oberen Flantschen der I-Träger geschoben, die ihrerseits den in der Richtung der Träger verlegten Blindboden tragen. Auf diesem Blindboden ist die Parkettafel in gewöhnlicher Weise befestigt. Der Zwischenraum zwischen dem Blindboden und der zuerst ausgeführten Betondecke ist mit Schlackenbeton ausgefüllt, so dass sich also hier gesundheitsgefährdende Ansammlungen von Schmutz u. s. w. nicht bilden können.

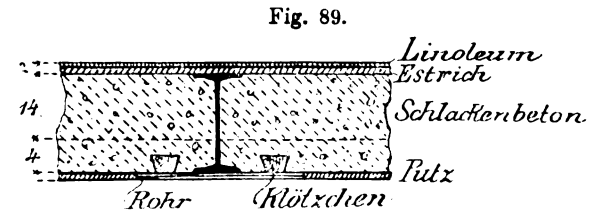
In den oberen Zwischendecken ist zum Theil die Anordnung getroffen, dass die Betondecke nicht zwischen den I-Trägern liegt, sondern dass letztere in ihrer ganzen Höhe (18 Cm.) unter der 12 Cm.

Fig. 88.



starken Betonplatte sichtbar sind (Fig. 88). Die Träger liegen in 80 Cm. Abstand von Mitte zu Mitte und sind in den Wänden auf 8 Cm. hohen I-Trägern aufgelagert, die die Stelle von Mauerlatten einnehmen. Die Felder zwischen den Trägern sind geputzt und gefilzt, die Träger selbst mit Holzkasten umkleidet. Durch rechtwinkelige schneidende Blindkasten ist ferner eine wirkungsvolle Cassettendecke hergestellt. Als Fussbodenbelag sind in dem darüber liegenden Geschosse, welches die Schlafräume enthält, besonders stark hergestellte 5 Mm. dicke Korkteppiche (Linoleum) verwendet. Um diese aufzu-

Fig. 89.

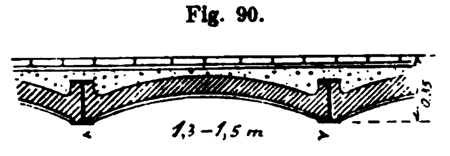


bringen, hat man zunächst die Oberfläche der Betonplatten sauber mit Steinplatten abgeschliffen und dann einen besonders hierzu erfundenen Klebestoff aufgetragen, der eine dauerhafte Verbindung zwischen Beton und Korkteppich hervorruft, wie sich in einem seit einem Jahr benutzten Badezimmer gezeigt hat. Der Fussboden des

Dachgeschosses ist ein sauber geglätteter Cementboden, der in den besseren Räumen (Fremdenzimmern) einen Oelfarbenanstrich erhalten hat.

Wo Decken zu putzen waren, sind längs der I-Träger Klötzchen eingestampft, welche eine Berohrung tragen. Die Unterseite der Träger ist durch eine starke Papierlage von der Berohrung getrennt, so dass der Deckenputz nirgends mit dem Eisen in Berührung kommt; hierdurch ist der Gefahr, dass sich Längsrisse neben Trägern bilden, möglichst vorgebeugt (Fig. 89).

Fig. 90.



Heussner weist nach, dass alle Bedenken, welche man gegen diese Anordnung erhoben hat, unbegründet sind. Die mit Korkteppichen belegten Fussböden der Schlafzimmer sind im Winter keineswegs kalt, sondern da die massiven Decken als gute Wärmeleiter von der an ihrer Unterseite befindlichen stark erwärmten Luft reichlich Wärme aufnehmen und da ferner nach angestellten Versuchen der Korkteppich wie ein dicker Wollteppich wirkt, also eine etwa unter ihm befindliche niedere Temperatur nur schwer weiterleitet, so lässt die Behaglichkeit der Räume nichts zu wünschen übrig. Auch die Schallleitung ist eine geringere als bei den gewöhnlichen Zwischendecken, weil die Korkteppiche sehr schalldämpfend wirken.

Die Decken mit Beton zwischen den Trägern, welche oben mit Linoleum belegt sind, kommen 1,37 Mark pro 1 □m billiger zu stehen, als die gewöhnlichen Holzbalkendecken, während solche mit Riemenfussboden in Asphalt (Fig. 87) und unten mit Putz etwas theurer kommen, 15,80 Mark gegen 12,17 Mark pro 1 □m.

Um eine geringere Constructionshöhe zu erzielen, hat man statt der oben und unten wagrechten Betonplatten neuerdings die Bogenform angewendet.

Die rationellste Form ist wohl die in Fig. 90 dargestellte, wobei zum Tragbogen Kiesbeton, zur Ausfüllung irgend eine möglichst leichte Masse verwendet wird. In einem neuen Krankenhaus der Karlruher Diaconissenanstalt benützte man zu den Tragbögen 1 Cement + 2 Sand + 4 Kies, für die Auffüllung 1 Weisskalk + 8 Schlacken. Da aber die Schlacken in Folge ihres Schwefelgehaltes einen zerstörenden Einfluss auf Eisen ausüben, so ist die obere Kappe der Eisenträger mit einem Theeranstrich versehen und, um eine gleichförmige Unterlage für Asphaltschicht und Eichenparket zu erhalten, ist der Schlackenbeton über den Scheitel der Betonkappe und die obere Fläche

der Eisenträger ausgebreitet. Die Kosten betragen 15 Mark pro □m.[1]) Es dürfte sich jedoch empfehlen, statt der schwefelhaltigen Schlacken ein anderes leichtes und billiges Material zu verwenden.

Leider konnten die Betondecken der hohen Kosten halber (13 bis 15 Mark pro □m) bisher nur in reicheren Häusern und Staatsbauten, nicht aber für den bürgerlichen Bau, für kleinere Familienhäuser Anwendung finden.

Es muss deshalb jede Neuerung, welche die Kosten herabmindert, ohne den statischen und hygienischen Anforderungen Eintrag zu thun, befürwortet werden. Eine solche Verbesserung ist die Anwendung Mack'scher Hohlgipsdielen zwischen eisernen Trägern an Stelle der vollen Ausbetonirung, wie sie oben beschrieben wurde.

Vermöge des geringen Eigengewichts der Gipsdielen, welche bei 12 Cm. Dicke nur 60 Kg. für 1 □m wiegen, wird eine Ersparniss durch die Möglichkeit der Anwendung schwächeren eisernen Gebäl-

Fig. 91.

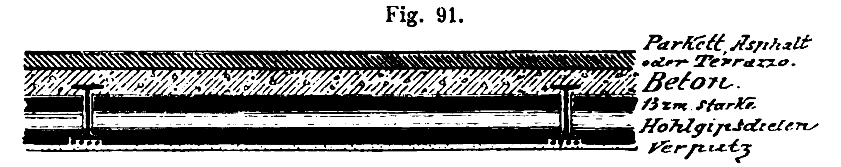
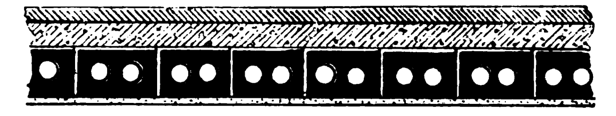


Fig. 92.



kes erzielt, da dessen Träger beispielsweise nur 13 Cm. anstatt 18 Cm. hoch genommen und bis zu 1,25 Meter Entfernung auseinander gelegt werden können. Amtlich (in Tübingen) vorgenommene Belastungsproben ergaben ein sehr günstiges Resultat und es ist nicht nur das Eigengewicht ein bedeutend geringeres als bei vollen Betondecken (wodurch am Eisengebälk gespart werden kann) sondern es wird auch die Schalldurchlässigkeit wesentlich verringert. Auch das Aussehen ist ein gefälligeres als bei Betonkappen zwischen Eisengewölben.

Die Skizze Nr. 91 u. 92 zeigt, wie die Hohlgipsdielen auf die eisernen Flanschen gelegt oder eingeschnitten werden. Nachdem die Fugen zwischen den einzelnen Stücken und den Flanschen entlang mit Gipsmörtel ausgegossen sind, wird eine etwa 5 Cm. starke Schicht von Portlandcement-Beton aufgebracht, welche als Unterlage des As-

1) Deutsche Bauzeitung, 1890, S. 7.

phalt- und Parket- oder eines einfachen Asphalt- bezw. Terrazzobodens dient. Der untere Flansch der Eisenträger wird gerohrt und sammt der aufgerippten Gipsdielenfläche mit etwa 15 Mm. starken Gipsmörtelverputz versehen. Die Ersparniss gegenüber der vollen Ausbetonirung der Zwischendecken beträgt, abgesehen von den geringen Kosten des schwächeren Eisengebälkes, mindestens 5 Proc.[1]) Bei dieser Construction sind die Gipsdielen gegen Feuchtigkeit geschützt, so dass die oben (S. 262) angeführten Nachtheile derselben nicht in Betracht kommen.

Eine leichtere, wenn auch nicht billigere Deckenconstruction (statt 300—600 Kg. etwa 200—500 Kg. auf 1 □m) lässt sich unter Anwendung von Beton und Asphalt auch durch Wellblech erzielen. Fig. 93 u. 94 zeigen Quer- und Längenschnitt einer ebenen Wellblechdecke, bei welcher das Wellblech zwischen den Balken auf an letztere genieteten Winkeleisen ruht. Das Wellblech ist mit Beton und Sand überfüllt und mit Asphaltestrich versehen. Zwischen den un-

Fig. 93.

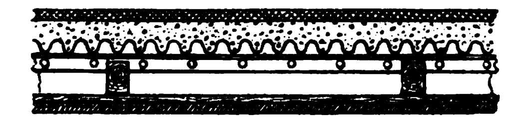


Fig. 94.



teren Balkenflanschen und den horizontalen Schenkeln der angenieteten Winkeleisen sind Latten eingeklemmt, welche die Schalung zum Rohrputz aufnehmen.

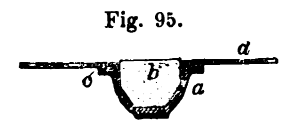
Unter den Deckenconstructionen, welche alle hygienische Anforderungen befriedigen, indem sie einerseits jede Verunreinigung und Befeuchtung des Füllmaterials vom Fussboden her durch die Bewohner vollkommen verhüten, Hausschwammbildung sicher verhindern und andererseits unmöglich machen, dass Gase, Staub oder Mikroorganismen aus den Zwischendeckenfüllungen in die Wohnungsluft gelangen, ist noch die von KLETTE[2]) angegebene Construction zu erwähnen.

1) Aus Deutsche Bauzeitung, 1891, S. 45.

2) Ueber Holz-Asphalt-Constructionen, Vortrag, Separatabdruck, 1884.

Der Schwammgefahr begegnet derselbe dadurch, dass er die Verwendung des Holzes, welches vorläufig zur Bildung der Fussbodendielen und der zu ihrer Befestigung erforderlichen Unterlagen unentbehrlich ist, auf das unumgänglich nöthige Maass einschränkt. Dasselbe wird lediglich zur Befestigung der Dielung benutzt und kommt völlig trocken und in bester Qualität in den Bau, was leicht zu bewirken ist, wenn man es klein dimensionirt, d. h. nur in kleinen Stücken verwendet, wodurch erreicht wird, dass es auf seine gute Beschaffenheit leicht zu controliren und in den erforderlichen Zustand genügender Trockenheit bequem zu bringen ist. Dasselbe wird ausserdem vor dem Zutritt von Feuchtigkeit von allen Seiten her gesichert. Alle an der Oberfläche des Holzes etwa haftende Sporen von Bacterien oder Schwamm werden dadurch, dass dasselbe einer Temperatur von 200° C. ausgesetzt wird, vernichtet und der Zutritt derselben zum Holze durch Einbetten des letzteren in heissflüssigen Asphalt dauernd verhütet. Asphalt conservirt ja bekanntlich so ausgezeichnet, dass so leicht vergängliche Objecte, wie Palmenblätter, Baumwollenzeuge u. s. w., welche von Assyrern und Aegyptern in ihn eingehüllt worden waren, bis auf unsere Tage, also 4000 Jahre vor Zerstörung bewahrt blieben. Man bildet Dielenlager aus Belageisen, Holz und Asphalt, benutzt dabei das Eisen zur Beschaffung des Tragvermögens, den Asphalt zur Befestigung des Holzes am Eisen und gleichzeitig zum Schutze des einen und des andern. Das Belageisen, und zwar der Billigkeit wegen in der Regel das kleinste Profil, wird in das eben abgestrichene Füllmaterial so eingelegt, dass seine Schenkel mit diesem gleich hoch liegen, und eine nach oben offene Rinne entsteht. Diese wird mit heissflüssigem Asphalt und etwa meterlangen Hölzern, von denen eines hinter dem andern eingebettet wird, gefüllt. Die Fig. 95 zeigt ein derartiges Dielenlager im Querschnitt.

Fig. 95.



Zur Abdichtung des zwischen den Dielenlagern zu Tage liegenden Füllmaterials benutzt man Asphaltfilzplatten [1]) ein äusserst zähes und absolut dichtes Material von unbegrenzter Dauer. Dieselben, 81 Cm. breit, werden mit ihren äusseren Rändern auf die Belageisenschenkel aufgelegt und mit diesen durch Asphalt, welcher an den der Rinnenfüllung anschliesst, fest verbunden. Auf diesen Lagern wird die Dielung wie gewöhnlich befestigt.

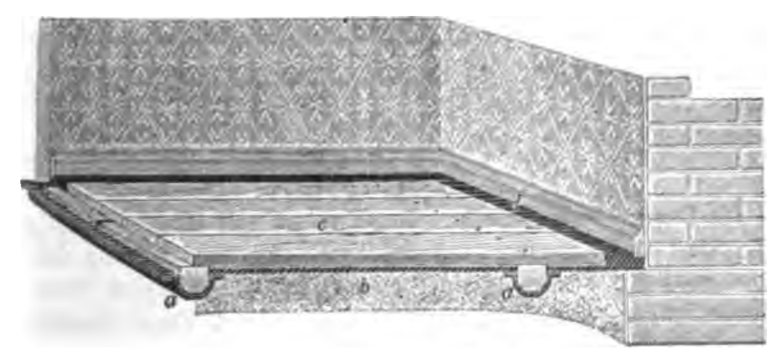
Von unten her kann weder an letztere, noch an das Holz in den

---

1) Unter Umständen genügt auch Holzcement, Theerpappe u. dgl. billigere und gleichfalls dichte Materialien.

Belageisen Feuchtigkeit herantreten; um auch von Seite der Umfassungen her gegen solche bewahrt zu bleiben, führt man die Dielen nicht bis an die Wand heran, bleibt mit ihnen vielmehr 5—10 Cm. von dieser weg, und füllt die hierbei entstehende, rings an den Umfassungen friesartig hinlaufende Vertiefung gleichfalls mit heissflüssigem Asphalt aus. In Fig. 96 ist die auf die beschriebene Art fertig gestellte Fussboden-Construction wiedergegeben.

Fig. 96.

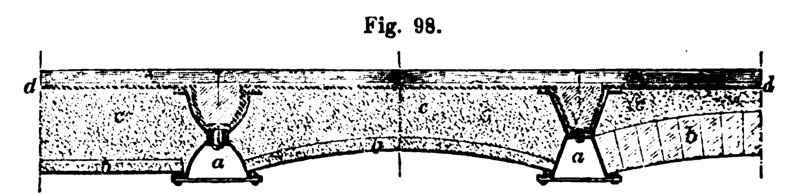


Ganz ähnlich wie Dielenlager und Fussböden lassen sich auch Deckenbalken und Zwischendecken bilden. Das Dielenlager findet im Füllmaterial seine natürliche Unterstützung; wird dieselbe künstlich geschaffen durch freitragende Träger und werden diese mit dem Dielenlager in feste Verbindung gebracht, so entsteht der Deckenbalken. Klette verwendet zur Unterstützung die schon beschriebenen Belageisen. Zwischen diesen, Rücken gegen Rücken gekehrten und mit einander vernieteten Belageisen, lässt man einen Zwischenraum von 2,5 Cm. (Fig. 97 bei a), wodurch nicht nur erhöhte Tragfähigkeit, sondern auch die Möglichkeit gewonnen wird, bequem Einschubdecken u. dgl. herstellen zu können. An die Balken kann eine glatt geputzte Unterdecke dadurch angebracht werden, dass man in etwa meterweiten Abständen schwache Stege quer über die Füsse der unteren Eisen nietet und auf diese, in die Hohlung eingeschobene, die Befestigung vermittelnde Holzstücke lagert. Die Unterstützung für das Füllmaterial der Zwischendecken kann aus Holz (Fig. 97) oder auch aus feuerfesten Materialien, Stein oder Wellblech (Fig. 98 b, siehe S. 274) bestehen. Letzteres kann gerade oder bombirt verwendet werden und, da nur das Füllmaterial zu tragen ist, das schwächste

Fig. 97.

Profil (wie bei Rollläden) gewählt werden. Das an für sich nicht unvortheilhafte Aussehen des Wellbleches kann durch Anstrich und Bemalung recht wirksam gehoben werden; man wird es daher in der Regel unverdeckt lassen, namentlich wenn Decken Räume abschliessen, welche nur einfach auszustatten sind. Da durch diese Zwischendecken ein vollkommener Abschluss des Füllmaterials, sowie auch der Luft aus den unteren Räumen erzielt wird, so kann ersteres aus jeden beliebigen, am besten aber doch reinen Stoffen, bestehen.

Fig. 98.

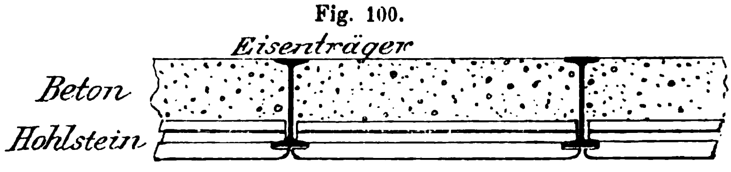


Die Beton-Zwischendecken finden schon seit längerer Zeit auch in England und Amerika ausgedehnte Anwendung, seitdem daselbst die Gesundheitsschädigungen der gewöhnlichen Fehlböden durch die Untersuchungen von ETTA JOHNSTONE und Prof. THOS. CARNELLEY bekannt wurden.

Fig. 99.

Eisenträger Beton Hohlstein

Fig. 100.



Diese Forscher haben bekanntlich meine diesbezüglichen Erhebungen in jeder Beziehung bestätigt und dargethan, dass namentlich in den dichtbewohnten Wohnhäusern der mittleren und armen Volksklassen eine starke Verunreinigung der Zwischendecken zu constatiren ist, welche einen wesentlichen Einfluss auf die Morbilität und Mortalität zu haben scheint.

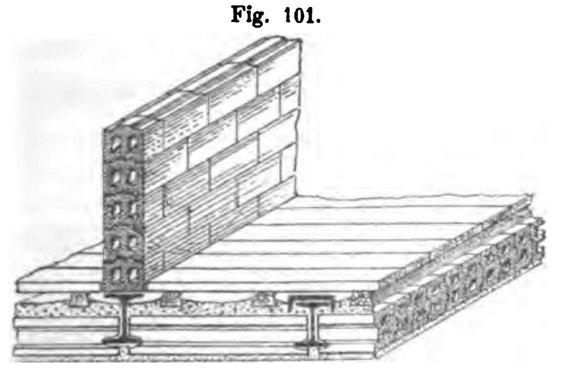
Von den zahlreichen in England üblichen Betondecken-Constructionen haben sich namentlich die auch ihrer Billigkeit halber sehr verbreiteten „Improved flat brick fireproof floors“ der Ingenieure HOMAN und RODGERS (17, Gracechurch street London E. C.) gut bewährt.

Originell ist dabei die Verwendung hohler Backsteine mit ge-

pressten Vorsprüngen, welche das Eisen decken (Fig. 99 u. 100) und mit dem Beton eine feste, unzertrennliche Masse bilden. Die Schallleitung soll eine äusserst geringe sein, da durch die verschiedene Dichtigkeit des Betons, der Backsteine mit der Luftschicht und des Mörtels die Schallschwingungen unterbrochen werden. Die Soffiten der Hohlbacksteine sind so construirt, dass leicht eine ebene Plafonirung mit Mörtel, ohne Rohrung oder Latten, ausführbar ist. Diese Decken werden weder von Wasser, noch von Säuren oder Alkalien angegriffen und können während der Bauaufführung, ohne jede Anwendung von Gerüsten (Latten u. dgl.), hergestellt werden. Die Dicke der fertigen Decke beträgt nur 15—24 Cm., und zieht man die hierdurch sich ergebende Ersparniss in Rechnung, so kostet ein Gebäude mit solchen Zwischendecken nicht mehr als die gewöhnlichen Holzbalken-Decken von entsprechender Stärke.

Von englischen Architekten werden besonders auch William Lindsay's feuerfeste Zwischendecken günstig beurtheilt. Dieselben

Fig. 101.



bestehen aus Eisenbalken die je 0,6 Meter von einander entfernt sind, und aus hohlen Backsteinen, welche zwischen den unteren Balkenflanschen, vermittelst winkeliger Ausschnitte eingeschoben sind, so dass sie dieselben decken und von ihnen getragen werden. (Fig. 101). Diese Hohlziegel sind 0,6 Meter lang, 10 Cm. breit und 11,3 Cm. hoch von je 2 Canälen durchzogen. Dieselben haben an beiden Oberflächen schwalbenschwanz-ähnliche Rinnen, um dem Mörtel und Beton genügend Halt zu bieten, während an der Seite eine Leiste angebracht ist, die in eine entsprechende Rinne des nächsten Ziegels eingreift. Die untere Fläche der Balkenflansche ist durch einen entsprechenden geformten schmalen Ziegel, die obere Flansche durch eine rechtwinkelige Thonrinne gedeckt, die in den Beton eingebettet ist. Die untere Fläche der Ziegel wird gegypst, während über der oberen

eine Füllung, am besten aber Beton und Parket in Asphalt verlegt, angebracht wird. Der Thon muss von gleichmässiger Textur und sehr hart sein. Die Construction verträgt eine Belastung von 6 Centnern pro Quadratfuss, während ihr Gewicht 29½ Pfund pro Quadratfuss beträgt. Die Elle (= 0,9 Meter kostet 6 Mark 90 Pfge.). Der Einwurf, dass die Böden aus zwei Schichten von verschiedenem Material bestehen, wird dadurch beseitigt, dass man Beton aus demselben gebrannten Thon herstellt, wie die Ziegel.

Noch wesentliche Vorzüge gegenüber den beiden vorstehend beschriebenen, hat die Zwischendecken-Construction von FAWCETT (Fireproof and Ventilating Floor) 50. Queen Anne's Gate Westminster S.W.; denn dieselbe ruht mit ihrem vollen Gewicht, wie aus Fig. 102 und 103 ersichtlich, auf den unteren Balkenflanschen, welche nicht nur die

Fig. 102.

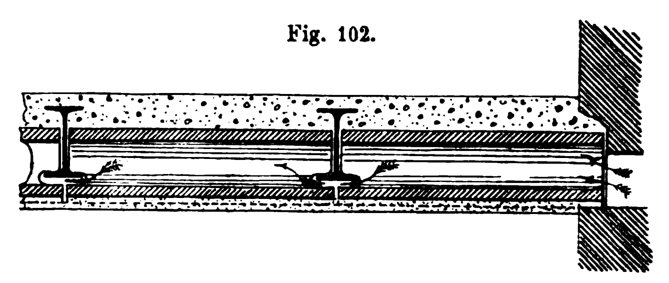
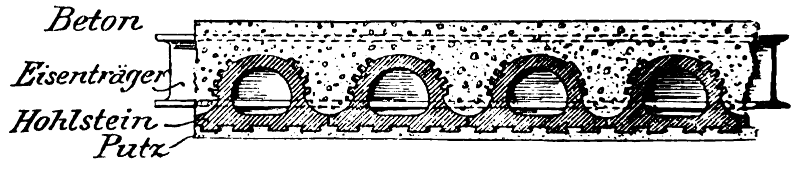


Fig. 103.

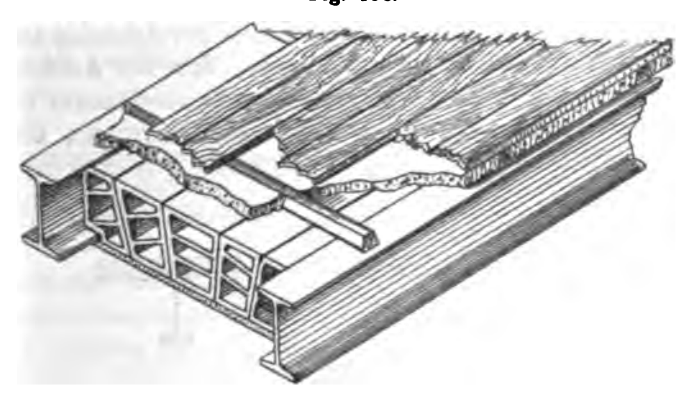


Hohlziegel, wie bei den vorigen Constructionen, sondern auch den Beton tragen. Dazu kommt noch, dass die Röhren eine doppelt so grosse Belastung vertragen als die LINDSAY-Röhren. Ausserdem ist ein Canal in der Mauer (Fig. 102) vorhanden, in welchen alle Röhren ausmünden, so dass also für beständige Luftcirculation Sorge getragen ist. Die Röhren besitzen auch hier schwalbenschwanzartige Rinnen, um dem Mörtel oder Gyps Halt zu bieten, und zwar ist sowohl die untere als die obere gewölbte Fläche mit Rinnen und Rippen versehen. Der Umstand, dass die Aussparungen (Röhren) der letzterwähnten drei Deckenconstructionen stets quer gegen die Träger gerichtet sind, trägt viel dazu bei, dass diese Decken so wenig schalldurchlassend sich erweisen. Betondecken müssen unter beständiger sachverständiger Aufsicht, welche für die Güte des Materials, das

richtige Mischungsverhältniss u. s. w. Sorge zu tragen hat, ausgeführt werden.

In Amerika war es hauptsächlich die Rücksicht auf Feuersgefahr, welche zur Anwendung der Eisen-Betondecken geführt hat und namentlich in Chicago tauchen, bei dem Bestreben möglichst leichte, billige, feuersichere und sanitär einwandsfreie Decken zu construiren, täglich neue Systeme auf.

Fig. 104.



Die englischen und amerikanischen Eisen-Betondecken haben gegenüber den deutschen, in Folge der Anwendung sehr zweckmässig gestalteter Hohl-Formsteine, jedenfalls den Vorzug grösserer Leichtigkeit, sowie geringerer Schallleitung und Wärmetransmission.

Fig. 104 zeigt die Construction der Eisen-Asphaltdecken mit Hohlsteineinlagen, eines grösseren Gebäudes in Chicago. Die Eisen-Träger werden gegen die Gluth der Flammen durch Formsteine geschützt, welche sie allseitig umhüllen. Die Unterseite der Wölbsteine ist gewöhnlich geriffelt, damit der Putz leicht haftet. Der Riemenfussboden ist in Asphalt verlegt.

Fig. 105 zeigt ähnliche Hohlsteine aus gebranntem Thon, mit denen sich sehr leichte Decken erzielen lassen.

Fig. 105.



Sehr verschiedene wasserundurchlässige, warme und feuersichere Decken lassen sich nach dem System Monier herstellen. Dabei wird aus Rundeisen von 5—25 Mm. Dicke ein weitmaschiges Gerippe gebildet, welches in beliebiger, dem Zwecke entsprechender Dicke mit Cementmörtel umhüllt und so zu ebenen und gekrümmten Platten, Füll- oder Hohlkörpern geformt wird. Durch unsymmetrische Einlegung des Eisengerippes in die Cementumhüllung wird erreicht,

dass der Cement (dessen Druckfestigkeit etwa das 10 fache der Zugfestigkeit beträgt) wesentlich auf Druck, das Eisen aber auf Zug beansprucht wird.

So wird bei geringer Wandstärke und Eigenlast der Monierconstruktion grosse Festigkeit, Feuersicherheit und Undurchlässigkeit für Wasser erzielt.

Die Zweckmässigkeit der Verbindung von Eisen und Cement beruht auf dem Umstande, dass von Cementmörtel umhülltes Eisen nicht rostet, sowie auf der erheblichen Grösse der Adhäsion zwischen beiden Materialien und auf der Thatsache, dass die Ausdehnungscoefficienten für Eisen und Cement nicht weit auseinander liegen.[1])

Die Monierplatten können als fertige Platten verlegt, oder erst an Ort und Stelle in ganzer Fläche hergestellt werden.

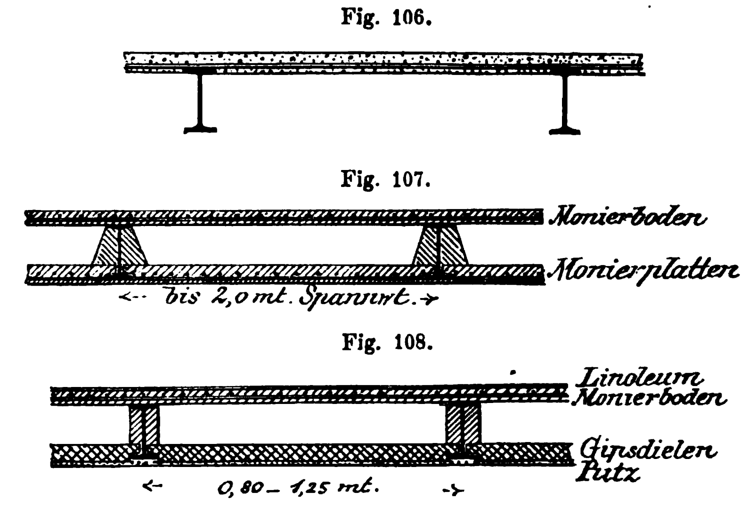


Fig. 106.

Fig. 107.

Fig. 108.

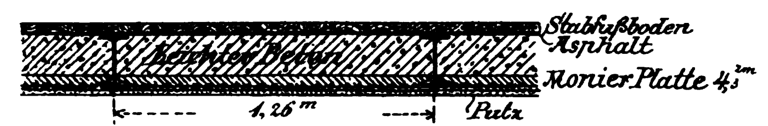
Sehr leichte und billige Decken erhält man, wenn man die Monierplatten (nach Fig. 106) als einfache Fussbodenlage über I-Trägern verlegt. Die Decke ist gegen den Angriff des Feuers von oben sicher und ist Wasserundurchlässig. Bei den Decken, Fig. 107 und 108, sind ebenfalls eiserne Träger und in Fig. 108 neben Monierboden, Gypsdielen angewendet. Die Eisenträger sind des Feuerschutzes halber mit Beton umkleidet. Die Hohlräume zwischen den beiden Platten resp. zwischen Monierboden und Gypsdielendecke eignen sich sehr gut zur Unterbringung horizontaler Heizröhren und Heizkanäle. Auch bei Wohnräumen, Krankenzimmern etc. mit Fuss-

1) Baukunde des Architekten. Berlin, E. Toeche, 1890, S. 150 u. 151.

bodenheizung sind Monierböden sehr geeignet, da sie Wärmedurchlässig, aber Wasserundurchlässig sind.

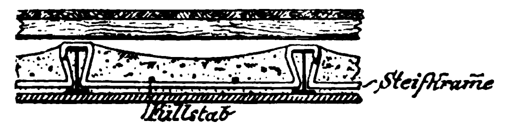
In Fig. 109 ist eine gerade Monierdecke mit leichter Betonausfüllung dargestellt. Die Platten sind auf die unteren Trägerflanschen verlegt und so nach abwärts gebogen, dass der Flansch mit Cementmörtel und dem Deckenputz überzogen werden kann. Die Ausfüllung zwischen der Monierplatte und der in Asphalt verlegten Dielung ist durch leichten Beton (mit porösen Steinstücken oder Schlacken) hergestellt. Die Decke ist feuersicher und stabil, wenn auch nur wenig leichter als gewöhnliche Betondecken.[1])

Fig. 109.



Auch die von Rabitz erfundene Drahtputzwand wird neuerdings zur Deckenconstruction verwendet. Dieselbe besteht aus einem Drahtgewebe, welches mit einer Mischung von Gyps, Kalkmörtel, Kälberhaaren und wohl auch Leim und Thonerde umhüllt wird, worauf dann, ehe Erhärtung eingetreten ist, der eigentliche Deckenputz kommt. Da der Gypsmörtel rasch abbindet und das Gewicht der Decke ein geringes ist, so eignet sich dieselbe besonders für gebogene Deckenconstructionen, welche in Restaurationen u. s. w. auch unter Balkendecken als decorative Gewölbe ausgeführt werden, wobei der Zwischenraum zwischen der Balkendecke und dem decorativen Gewölbe für

Fig. 110.



die Anlage von Entlüftungskanälen ausgenützt wird. Die Decke leistet dem Feuer ziemlichen Wiederstand und ist sehr billig. —

Von Ausgussdecken sind namentlich die Gyps-Ausguss-Decken nach Pariser System[2]) beachtenswerth. Schmalflanschige Balken von I-Form werden in ungefähr 0,8 Meter Abstand verlegt. Von Balken zu Balken werden in Entfernungen von 1 Meter, nach Fig. 110, Steifkrammen aus 25 Mm.-□ Eisen eingelegt, welche dicht gegen den

1) l. c. p. 1193.

2) Baukunde des Architekten l. c. p. 426.

Steg, am unteren Flansch anklammern sollen, andernfalls mit Steinstücken angeklemmt werden. Unter der Decke wird ein Bretterboden in ungefähr 1,5—2 Cm. Entfernung vom unteren Flansch aufgehängt. Sodann werden trockene, staubfreie Stücke von alten Gypsdecken oder von anderen porösen Steinen (Backsteinen etc.) in Lagen bis zu 8—12 Cm. eingefüllt und mit gut bindenden Mauergypsmörtel ausgegossen. Nur die gegen nicht verstrebte oder verankerte Wände stehenden Enden bleiben vorläufig ohne Ausguss, bis sich die Balken etwas gesenkt haben.

Die Fussbodenlager werden seitlich mit starken Stiften benagelt und diese Stifte dann an den Verguss oder an den Balken mit Gypsmörtel befestigt. Um den Gypseinguss rasch zu härten, setzt man demselben etwa 1/6 Fettkalk-Brei zu. Gleich nach dem Erhärten wird dann der Einguss mit einer Lösung von schwefelsaurem Eisen- oder Zinkoxyd während 1—2 Stunden durchtränkt, wobei der kaustische Kalk sich ebenfalls in Gyps umwandelt und die noch nicht vollständig erhärteten Gipskrystall-Blättchen so innig zusammengepresst, dass der Gips die Härte von Cement erreicht.

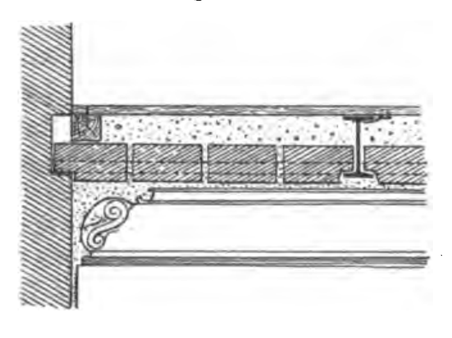
Das Bemühen der Architekten, eine den hygienischen Anforderungen und den gewöhnlichen Zwecken des Wohnhauses entsprechende massive und gerade Decke herzustellen, die nicht mehr kostet als die übliche Holzbalkendecke, war bisher nicht von befriedigendem Erfolg gekrönt.

Die erste massive Deckenconstruction, welche nach competentem Urtheil dieser Aufgabe entspricht ist, die von J. F. KLEINE (Essen a. d. Ruhr) hergestellte Decke. Dieselbe hat sich bei einer Brandprobe in Berlin als absolut feuersicher erwiesen und sie kommt, obwohl durchweg massiv, nicht theuerer als eine gewöhnliche Holzbalkendecke; sie bietet ferner eine ebene Unterfläche, die ohne Weiteres mit Kalkputz oder mit Verzierungen versehen werden kann. Die Decke ist schallsicher und warmhaltend und das Aufbringen der Fussböden bietet keinerlei Schwierigkeiten.

Das Wesentliche der KLEINE'schen Decke ist die Herstellung einer tragfähigen ebenen Steinplatte unter Verwendung gewöhnlicher mit Kalk-Cementmörtel verbundener Backsteine, wobei die grosse Biegungsfestigkeit der Platte durch Einlegen hochkannt gestellter Bandeisen in die mit Mörtel gefüllten Fugen erzielt wird. Zur Herstellung der Platte eignen sich am besten Neuwieder Schwemmsteine oder poröse Ziegel. Die Fig. 111 (Siehe S. 281) zeigt die Construction im Querschnitt. Der über der Steinplatte und dem Fussboden verbleibende Raum soll mit loser Steinkohlenasche, magerem Schlackenbeton

oder auch mit Sand ausgefüllt werden. Die Anwendung von Steinkohlenasche ist aber entschieden zu verwerfen, da sie nachweisslich die Entwickelung des Hausschwammes begünstigt; Sand aber ist zu schwer. Soll die Decke den hygienischen Anforderungen Genüge leisten, dann müssen entweder leichter Beton, oder Gypsdielen zu diesem Zweck verwendet werden. Die Zeitschrift für Bauhandwerker empfiehlt eine lockere Aufschüttung von Sägespänen, welche vorher schwach angefeuchtet oder bei eigener noch vorhandener Feuchtigkeit mit Gypspulver umgeschaufelt worden sind, wobei jedes Holzstückchen äusserlich mit Gyps umhüllt wird und die Entflammbarkeit verliert.

Fig. 111.



Die grosse Tragfähigkeit dieser Decke wird, wie beim Moniersystem, durch Ergänzung der Druckfestigkeit des Steins durch die Zugfestigkeit des Eisens herbeigeführt.

Eine sehr billige, und dennoch den Anforderungen der Reinlichkeit u. s. w. entsprechende Zwischendecke, liesse sich gewiss auch nach dem Vorschlage von Meiners durch entsprechende Verbesserung der amerikanischen Zwischendecke erzielen.

Solche Verbesserungen, durch welche diese Zwischendecke tragfähiger, dauerhafter und mit wasserdichtem Fussboden versehen wird, sind von Fr. Baum[1]) in Vorschlag gebracht worden.

Auch Meiners[2]) empfiehlt, um die amerikanische Decke möglichst wasserdicht zu machen, die Einlage von Dachpappe zwischen einem gedoppelten, d. h. aus zwei über einander liegenden Brettertafeln, construirten Fussboden. Dabei kann dadurch gespart werden, dass zur unteren stärkeren Lage ordinäre und nur zur oberen dünneren Decke je nach Umständen mehr oder weniger ausgesuchte, theure Dielen verwendet werden können. Von wasserdichten Einlagen, welche auch die Wärmeverhältnisse der Decken günstig beeinflussen und die Hellhörigkeit herabsetzen, wird noch viel zu wenig Gebrauch gemacht.

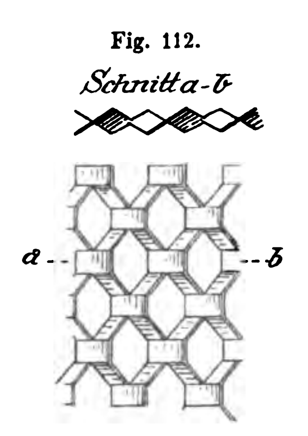
Neuerdings hat sich auch die Aussicht eröffnet, dass es möglich sein wird, mit geringen Kosten volle, tragfähige Ausguss-Decken in

1) Bautechnische Betrachtungen über die Construction unserer Balkendecken, nebst Vorschlägen zu deren Verbesserung. Breslau, R. Reid, 1885.

2) Das städtische Wohnhaus der Zukunft. Stuttgart, Thiele, 1882, S. 28.

geringer Dicke mit sogen. verlängertem Cement-Grobmörtel oder Gyps-Kalk-Mörtel herzustellen und zwar unter Verwendung der von „Schüchtermann und Kremer in Dortmund" gefertigten „gezerrten Gitterbleche" (Fig. 112). Dieselben werden aus aufgeschlitzten Blechen nach der nebenstehenden Skizze, ähnlich wie zum Schmuck der Weihnachtsbäume aus Papier geschnittene „Körbchen" bezw. „Netze" in eigenthümlichem Verfahren hergestellt. Rechnungsmässig dürfte es schwer sein, den Widerstand dieser Gitter gegen Belastungen zu bestimmen; doch liegt auf der Hand, dass damit nach vollendetem Ausguss eine energische Verstrebung und Tragkraft erzielt wird, wie auch Versuche thatsächlich ergeben haben. Wenn die Preise dieser Bleche im Grossverfahren billig werden, kann der Bau hygienisch vollkommener, feuersicherer, leichter eiserner Decken einen grösseren Aufschwung nehmen. Es dürfte sich empfehlen, einen Theil der durchschnittenen Gitterschenkel über den anderen Theil unter die Unterflansche der Träger einzuschieben. Eine weitere Befestigung ist nicht nöthig.[1])

Fig. 112.



Die Constructionen des Zimmerfussbodens.

Die Lösung der scheinbar sehr leichten Aufgabe, ohne erhebliche Vermehrung der Kosten fugenfrei bleibende Zimmerfussböden zu construiren, ist von der allergrössten hygienischen und nationalökonomischen Bedeutung. Jeder Versuch in dieser Richtung muss sich, wenn er erfolgreich sein soll, auf das Studium der Ursachen des Schwindens und Werfens der Fussbodenbretter gründen.

Ein haltbarer Fussboden lässt sich nur auf einer vollkommen trockenen Zwischendecke erzielen und ebenso müssen die Mauern vor dem Verlegen des Fussbodens genügend ausgetrocknet sein. Bei Vernachlässigung dieses principiellen Postulates sind alle anderen Massnahmen nutzlos.

Die primitive, bisher in Deutschland überall übliche Methode der Fussbodenconstruction, bei welcher 25—50 Cm. breite Nadelholzbretter ohne Nuth und Feder einfach nebeneinander verlegt und mittels Nägel

1) Nach Baukunde des Architecten. Berlin, E. Toeche, 1890, S. 427. — Eine neue zweckmässige Zwischendecke ist auch die Isolierbimsstein-Decke von H. Schneider, Gesundheits-Ingenieur 1893, S. 746 etc.

auf die Balken befestigt werden, sollte für Wohnräume baupolizeilich verboten werden, da bei denselben die Entstehung breiter Fugen und deren Gefahren für die Gesundheit der Bewohner unausbleiblich sind, und fugenfreie Fussböden mit dem gleichen Material ohne Erhöhung der Kosten hergestellt werden können. Auch ist die Herausnahme und Auswechselung eines Brettes später mit vieler Mühe verbunden.

Zum Mindesten sollte man verlangen, dass Fussbodenbretter nicht breiter als 15 Cm. sein dürfen und, falls nicht eine bessere Construction gewählt wird, mit Nuth und Spundung (Fig. 113) oder Federung versehen

Fig. 113.



Nuthung. *Spundung.* *Federung.*

und in fugendichtem Zustand erhalten werden müssen. Besonders ist zu beachten, dass die Bretter mit der Herzseite nach unten verlegt werden müssen (Fig. 114), da dieselben haltbarer sind als wenn die Herzseite nach oben liegt.

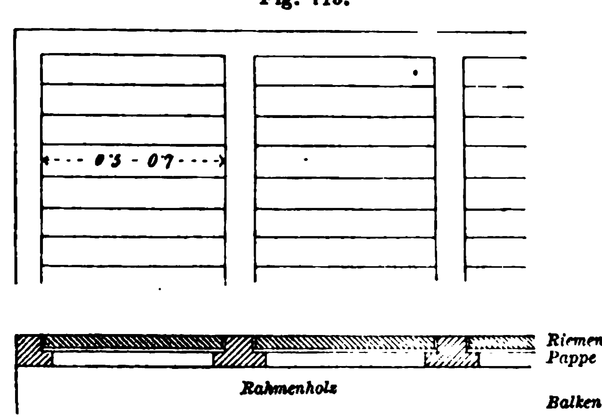
Fig. 114.



Herzseite unten. *Herzseite oben.*

In Deutschland wird gewöhnlich Föhrenholz verwendet. Die in Norddeutschland üblichen schwedischen Dielen sind zu weich, werden bald defect, nehmen beim Scheuern eine sehr bedeutende Wassermenge auf und sind daher auch sanitär nicht unbedenklich.

Fig. 115.



Empfehlenswerth sind Böden aus kurzen 8—12 Cm. breiten Brettern, welche entweder in Rahmenhölzer verlegt sind (Fig. 115),

und Balken freilegen und die Zwischendecke kann einer gründlichen Untersuchung auf Verunreinigung, Vorhandensein pathogener Bacterien, Hausschwamm u. s. w. unterworfen werden. Bei dieser Construction bilden sich offene Fugen, die aber durch von Zeit zu Zeit vorzunehmendes Zusammenschieben des Bodens beseitigt und übrigens von Anfang an dadurch vermieden werden können, dass an der Wand unter der Lambrie kräftige Druckfedern angebracht werden, die den Boden beim Schwinden zusammenpressen. Das nach dem Schwinden zu vollziehende Einlegen eines Brettstreifens geschieht hier am besten in der Mitte des Bodens.

Bei der Ausführung wird zunächst die Ausgleichung der Balkenoberflächen vorgenommen, indem man Brettstücke *A* (Fig. 118) mit circa 50 Cm. Entfernung von einander, so hoch als nöthig auf die Balken nagelt. Bei Verwendung von Blechröhren *C* werden in dieselben zunächst die Unterlager *B* eingeschoben, dann seitlich an die Röhren *C* an beliebige Stellen die Brettabfälle *D* genagelt und nun die Fussbodenbretter *F* auf die Unterlager *B* durch Nägel befestigt.

Die Fussbodenbretter müssen mit der Herzseite nach unten verlegt werden, weil dieselben, wie oben erwähnt, haltbarer sind als wenn die Herzseite nach oben liegt (Fig. 114). Die 2—2½ Mm. starken Drahtnägel zur Befestigung der Bretter werden zweckmässig 1 Cm. versenkt, weil ein späteres Versenken nach dem Abtreten der Bretter nicht zulässig ist.

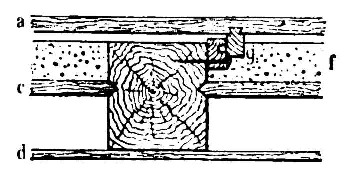
Die Röhren kosten pro Quadratmeter circa 0,50 Mark.

Auf diese Weise wird ein fugendichter Fussboden erzielt, welcher zugleich eine periodische Besichtigung der Füllung u. s. w. gestattet.

Die Kosten sind unwesentlich höher als bei gewöhnlichen Riemen- und Tafelböden, bei denen auch das Ausspähnen der später sich zeigenden Fugen erhebliche Kosten verursacht. —

Von Holzfussboden-Constructionen, welche die Bildung von Fugen verhüten sollen, ist noch der sogenannte Patentfussboden zu erwähnen, welcher in Fig. 119 in Verbindung mit einem halben Windelboden dargestellt ist. Die Deckenschalung ist mit *d*, die Zwischendecke mit *c*, die Lehmschichte mit *f* bezeichnet. Der Fussboden *a* ruht auf den oben schwalbenschwanzförmig gestalteten Leisten *g*, die mit einer Feder in die an die Balken angenagelten Leisten eingreifen und sich darin hin und her bewegen lassen müssen. Das Princip des Patentfussbodens besteht nähmlich darin, dass sämmtliche Bretter

Fig. 119.



desselben durch Leim zu einer einzigen Platte vereinigt werden, so dass sich beim Zusammentrocknen der Bretter keine Fugen bilden können, indem immer das eine Brett das andere nach sich zieht, wodurch nur Endfugen an den Wänden entstehen, die freilich eine bedeutende Breite haben, denn wenn jedes Brett nur 2 Mm. eintrocknet, so würde eine aus 25 Brettern zusammengeleimte Tafel schon 5 Cm. kleiner geworden sein. Diese Fugen müssen durch die sogen. Scheuerleisten an den Wänden gedeckt werden.[1])

Parket-Fussboden.

Von allen Fussboden-Constructionen wurde seit langer Zeit der Parket-Fussboden als der beste bezeichnet, und dieser Ruf gebührte ihm auch bis in die neueste Zeit in hygienischer Beziehung. Es waren aber keineswegs sanitäre, sondern in erster Linie ästhetische und pecuniäre Gründe, welche zur Ausbildung dieser auch in hygienischer Hinsicht vortrefflichen Fussboden-Construction geführt haben.

Während man beim gewöhnlichen Dielenfussboden das Werfen und Schwinden, das Welligwerden und die Fugenbildung als etwas Selbstverständliches ansieht und weit davon entfernt ist, den Lauf und die Figur der Holzfaser in Berücksichtigung zu ziehen, ist beim Parket die dichte, möglichst fugenfreie Herstellung, der geregelte Faserverlauf und die Ebenheit der Fläche und überhaupt die Gediegenheit der ganzen Ausführung mit dem Begriff „Parket“ identisch. Beim Dielenfussboden ist der Schlendrian sanctionirt, der Parkettischler dagegen sucht in seinem eigenen Interesse möglichst trockenes Holz anzuwenden, und da er weiss, dass eine feuchte Füllung oder hygroskopisches Material in den Zwischendecken in kurzer Zeit auch den besten Parketfussboden unansehnlich zu machen oder gänzlich zu verderben vermag, so verlangt er, dass auch die Fehlboden-Füllung aus gutem Material besteht und vor Allem trocken ist, so dass also das Parket auch in dieser Beziehung eine gewisse Garantie für gesundheitsgemässe Herstellung der Zwischendecken und Zimmerfussböden bietet.

Die Parkets zeichnen sich durch Haltbarkeit, Dauerhaftigkeit und schönes Aussehen vor dem gewöhnlichen, weichen, meist aus Fichten- oder Tannenholz hergestellten Fussboden aus. Die Haltbarkeit beruht auf der Anwendung härterer (dichterer) Holzarten (Eiche, Buche, als Einlage auch Ahorn, Nussbaum, Mahagonie,

1) L. Klasen, Handbuch der Holz- und Holzeisen-Constructionen des Hochbaues. Leipzig, Arth. Felix, 1877, S. 154.

Polysander), welche weniger leicht quellen und schwinden, als die weichen Dielenbretter, widerstandsfähiger gegen Abnutzung durch Betreten u. s. w. sind und bei der sorgfältigeren Befestigung auf ihren Unterboden weniger leicht spalten; endlich ist der Verband in einem verlegten Parket ein vielfacherer und festerer, wodurch sowohl die ursprünglich mühsam hergestellte Flächenebene standhafter unverändert erhalten bleibt, als auch einer Entstehung von weiteren Fugen erfolgreich vorgebeugt wird. Die kunstgerechte Anfertigung der Parkets hat nothwendigerweise deren Dauerhaftigkeit und Schönheit zur Folge, welch' letztere in der Ebenmässigkeit, der Grösse und der Anordnung der einzelnen Theile besteht, ferner in dem meist stylartig durchgeführten Faserverlauf, bei Anwendung verschiedener Hölzer in der Nüancirung derselben und der symmetrischen Verflechtung der Muster, welch letztere mit der Ausschmückung der Zimmerwände und Decken in Einklang stehen, alsdann in der Ebenheit der verlegten Böden, welche weder durch Nagellöcher noch durch unabsichtliche Spalten und Fugen unterbrochen wird; endlich in dem meist verlangten Lüstre der edlen Parkets, wie man es denselben durch Wachs und „Bonern" oder „Bohnen" zuertheilt.

Der hygienische Werth der Schönheit darf nicht unterschäzt werden, da dieselbe, wie später noch näher gezeigt werden soll, wie irgend ein Genussmittel, die Stimmung günstig zu beinflussen und die Behaglichkeit der Wohnung zu fördern geeignet ist.

Zu diesen Eigenschaften gesellen sich noch die erschwerte Durchdringlichkeit für Wasser, Staub u. s. w., die Sauberkeit und die leiche Reinigung der Böden. [1])

Wegen dieser grossen Vortheile der Parkets, namentlich hinsichtlich der Dauerhaftigkeit und Sauberkeit, wird man denselben, auch wenn Geld gespart werden muss, wenigstens für die frequentirteren Räume (Fluren, Corridor, Kinderzimmer etc.) den Vorzug vor der gewöhnlichen Dielung geben. Die Kosten und die Störung bei den öfteren Reparaturen der letzteren lassen, abgesehen von dem sanitären Werth, die Mehrkosten der hier zur Anwendung gelangenden ordinären Parkets mit ihrem immer noch gediegenerem Aussehen, nur als illusorisch figuriren.

Man unterscheidet Bandparket- und Tafelparket-Fussböden.

Beim Bandparket oder Wiener Stabfussboden werden (nach Fig. 120) einzelne Riemen oder Stäbe von 0,20 bis 1 Meter Länge, 10 Ctm. Breite und 2,5 bis 3 Ctm. Stärke mit den Enden wechsel-

1) Cf. B. Kässner: „Das Wesen der Parkets." Leipzig, Karl Scholtze. 1877, S. 9 u. 10.

seitig zusammengestossen (Fig. 120) oder mit gerader Schnittfuge verlegt (Fig. 120). Die Riemen werden durch Nuth oder Eichenholz-Einsatzfedern verbunden. Die Nagelung erfolgt schräg in die Nuth. Die Riemen müssen mit beiden Enden auf eigenen Zwischenlagern aufliegen.

Die Stabparkets, bei denen die einzelnen 10 Ctm. breiten Holzstreifen einzeln für sich verlegt werden, gehören zu den billigsten Parkets. Bei den besseren Stabparkets wird meist das Fischgratmuster angewendet und diese sind auf Grund ihres Längen- und Querverbandes dauerhafter als erstere, aber auch, der mühsameren Herstellung wegen, theuerer.

Fig. 120.

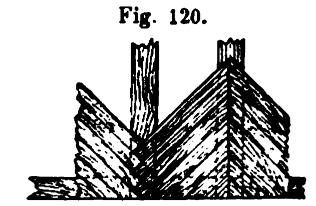
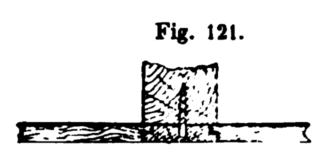


Fig. 121.



Nach einer in Berlin üblichen Methode werden die Riemen mit einer Verfalzung (nach Fig. 121) zwischen den mit 8 gleichen Falzen auf jedem Lagerholz aufgeschraubten Friesbrettern befestigt.

Diese Construction hat den Vorzug, dass die Auswechselung einzelner Bretter, sowie das Zusammentreiben derselben auf die einfachste Weise möglich gemacht ist.[1])

Neuerdings werden die Riemen, d. h. Brettchen, welche auf allen Seiten gehobelt und auf den 4 Kanten genuthet sind, fabrikmässig hergestellt. Dieselben erhalten eine weiche Einsteckfeder von Hirnholz. Sie werden fast durchweg auf Blendböden verlegt. Die Blendböden werden aus 24 oder 30 Mm. starken, schmalen Fichtenbrettern, ordinärer Qualität, wagerecht auf die Trambalken genagelt und zwischen jedem Brettchen 1—2 Ctm. Hohlraum gelassen, damit Luftcirculation stattfinden kann. Auf diese Blendböden werden nun die kurzen Riemen nach einer Reihe von Mustern seitwärts aufgenagelt, so dass die Oberfläche vollkommen nagelfrei erscheint.

Sowohl die Bandparkets, als die noch folgend zu beschreibenden Tafelparkets erhalten ihre vollendete Ausstattung durch das „Bonern", eine Procedur, die in der Auftragung eines Ueberzuges von Wachs oder Wachspräparaten und in der Polituertheilung der-

1) Baukunde des Architekten, I. Bd., 1890, J. Faulwasser: Zimmerconstructionen, S. 68.

selben besteht. Dieser Ueberzug hat den Zweck, dem gut geebneten und abgezogenen Parket eine gewisse Glätte und den ansehnlichen Glanz, das „Lüstre“ zu verleihen und die Poren des Holzes vollkommen zu verschliessen. Die Glätte darf jedoch die Sicherheit des Beschreitens eines gebonerten oder gewichsten Fussbodens nicht benachtheiligen, wesshalb dem aufgetragenen Bonermaterial noch eine geringe Adhäsionsfähigkeit gegen den aufgesetzten Fuss anhaften muss, trotzdem von der ursprünglichen Plasticität keinerlei Spur mehr vorhanden sein darf. Das Bienenwachs erfüllt diese Bedingungen vollkommen. Zunächst wird der Boden grundirt, d. h. eine Mischung von Bienenwachs mit einer alkalischen Lösung, besonders Pottasche, vermittelst einem Lappen, Pinsel oder dgl. in dünner Schichte aufgetragen, wobei die Poren des Holzes nach der Fläche zu verschlossen werden, was nach dem Trocknen noch vervollständigt wird durch Bürsten („Trockenglänzen“) und frottiren mit einem wollenen Tuche. Dadurch wird eine homogene, in Wasser unlösliche glatte, glänzende Decke erzeugt, welche so hart ist, dass der damit versehene Boden für normale Fussbekleidung ohne Hinterlassung von Spuren begangen werden kann.

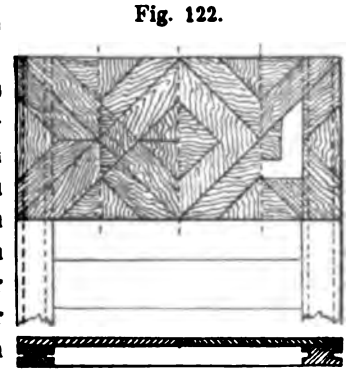
Die Tafelparkets werden unterschieden in Massiv-Tafelparkets und Fourniertafel-Parkets.

Die Massiv-Tafelparkets bestehen aus vierseitigen, meist quadratischen Tafeln. Letztere sind aus einzelnen Holztheilen (Quadraten, Trapezen, Prismen), die mittelst Nuth und Feder mit einander durch Leim verbunden sind, zusammengesetzt und stellen so ein Ganzes, eine Tafel vor. Die Tafelparkets werden auf Blindboden verlegt und sie verlangen bei der Stärke des nur einartigen Holzes (Eichen- oder Buchenholz) keiner sehr geübten Pflege und Vorsicht bei der Benutzung. Ausserdem gestatten sie bei Abnutzung wiederholtes Nacharbeiten, ohne dass ihre Dauerhaftigkeit wesentlich beeinträchtigt wird.

Die fournirten Tafelparkets sind die verbreitetsten und ihre Anwendung nimmt stetig zu, da sie trotz der Mannigfaltigkeit ihrer Muster das theure Holz in bedeutend reducirter Menge erfordern. Sie bestehen aus zweierlei Holz, dem sogenannten Blindholz, ein weiches, gewöhnliches Kiefern- oder Fichtenholz und dem darauf geleimten Fournier, aus Eichen- oder anderem harten Holz. Das Blindholz darf Holz geringster Qualität sein, welches zu anderen Erzeugnissen unbrauchbar und daher sehr billig ist, denn je verwachsener und trockener dasselbe ist, um so widerstandsfähiger erweist sich dasselbe. Das 30 Mm. dicke, billige Blindholz bildet die Haupt-

masse der Fournierparkets und die Fourniere kommen als theures Material nur in einer Stärke von 7 bis 10 Mm. zur Anwendung. Die einzelnen Theile des Fourniers lassen sich bei ihrer geringen Stärke zu mannigfaltigen, reichen Mustern durch einfaches Aneinanderleimen zu einer Tafel zusammensetzen, welche in toto auf das Blindholz aufgeleimt wird. Fig. 122 zeigt diese Art und Weise wie die Fourniere auf das Blindholz zu liegen kommen. Zwei an den Hirnseiten des Blindholzes durch Nuth und Feder angepresste und angeleimte Hirnleisten schützen das Holz vor dem Werfen und Krummziehen; gleichzeitig versehen sie die Blindtafeln an den Hirnseiten mit Langholz, wodurch das Nuthen der Kanten und die Aufeinanderfügung der einzelnen Tafeln zu einem Parketboden wesentlich begünstigt wird.[1])

Fig. 122.



Man lasse nie die Anwendung zu grosser Tafeln zu; am besten ist es, das Parkettafelformat von 0,25 □ (¼ □ m.) zu wählen, da die Tafeln bei dieser Kleinheit standhafter gegen das Werfen und überhaupt dauerhafter sind.

Beim Verlegen der Parkets muss das Holz selbstverständlich vollkommen trocken und der Untergrund allen schon erwähnten Anforderungen entsprechen. Der vielfach empfohlene Brauch, das Verlegen erst nach bereits vorausgegangener Benutzung der Zimmer neugebauter Häuser vorzunehmen, ist entschieden zu missbilligen, da hierdurch Blindboden und Füllung verunreinigt werden, was insofern nicht gleichgültig ist, als auch das Parket keinen vollkommen pilz- und staubdichten Abschluss bietet. Der gleiche Zweck wird dadurch in viel vortheilhafterer Weise erreicht, dass man die Zimmer vor dem Verlegen längere Zeit hindurch täglich heizt und lüftet.

Ebenso verwerflich ist es unter die Dielen- resp. Blindbodenlager eine Schicht Steinkohlenlösche zu streuen, in der Absicht, dadurch etwaige Feuchtigkeit aufsaugen zu lassen und von der Fussbodendecke abzuhalten; denn die Erfahrung lehrt, dass hierdurch ein für die Hausschwammentwickelung sehr günstiges Feuchtigkeitsreservoir geschaffen wird. Gegen Schwammbildung und andere

1) Kässner, B., Ueber das Wesen der Parkets. Leipzig, Karl Scholtze, 1877, S. 18.

parasitäre Holzkrankheiten ist die Fussbodenlüftung sehr wirksam. Man hat dieselbe zu erreichen gesucht, durch Anwendung von röhrenförmigen Dielenlagern, deren Öffnungen nicht nur unter einander, sondern auch mit der äusseren Luft communiciren. Man hat dieselben dadurch hergestellt, dass die löslichen Bestandtheile des zu den Dielenlagern verwendeten Holzes mit Hülfe besonderer Dampfapparate aus denselben entfernt und die so präparirten Holzlager noch einer leichten Verkohlung unterworfen wurden. Hiebei dürfte aber weniger die erzielte geringe Luftcirculation als die bei der Holzverkohlung gebildeten antiseptischen Substanzen wirksam sein.

Die Anwendung von Parketböden ist erfreulicher Weise in Zunahme begriffen, wozu hauptsächlich der Umstand beiträgt, dass parketirte Wohnungen leichter und besser vermiethet werden, als solche mit weichen Fussböden, die Bankinstitute parketirte Häuser besser belehnen und die Auslage für Anschaffung nicht allein höhere Rente bringt, sondern auch die bei anderen Fussböden so oft wiederkehrenden Auslagen für Ausspähnen und Anstreichen erspart werden. Diese wirthschaftlichen Vortheile tragen so zur Erfüllung der hygienischen Desiderate bei.

Als ein Fortschritt auf diesem Gebiete sind die von A. HERTLEIN in München seit einigen Jahren eingeführten imprägnirten Buchenriemenböden zu erwähnen.

Dieselben bieten gegenüber dem Eichenholz den Vortheil grösserer Widerstandsfähigkeit gegen Abnützung und billigeren Preises und sie besitzen bei feinerer, gleichmässigerer Faser eine schöne, hell rosarothe Farbe. Durch die Imprägnirung mit Chlorzink, sowie die Dämpfung werden alle vorhandenen Pilzmycelien und Sporen sicher vernichtet und für lange Zeit neue Infectionen unmöglich gemacht. In sanitärer Beziehung ist ihre Anwendung desshalb unbedenklich, weil nur einprocentige Lösungen von Chlorzink verwendet werden und der grösste Theil desselben bei der Dämpfung des Holzes wieder entfernt wird, namentlich aber desshalb, weil in vielen, seit Jahren bewohnten Gebäuden mit solchen Fussböden, die besten Gesundheitsverhältnisse zu constatiren sind. In wirthschaftlicher Beziehung stellen diese Fussböden insofern einen Gewinn dar, als die Eiche bedeutenden Preissteigerungen entgegengeht, während noch grosse alte Vorräthe von Buchen in Deutschland allenthalben vorhanden sind.

Parketboden mit Asphaltabschluss.

Wie bei gewöhnlichen Dielenfussböden so empfiehlt sich auch beim Parket die Anwendung von Isolirmaterialien, wie Asphalt, Theer,

Stein- oder Dachpappe, die man über dem Füllmaterial anbringt. Der anfängliche Geruch derselben verschwindet nach einigen Wochen vollständig. Schon allein der Anstrich der Rückseiten der Parkets mit Theer, Creosot u. dgl. trägt viel zur Conservirung bei.

In französischen Kasernen, Krankenhäusern, Kirchen und Gerichtssälen hat man nach einer Mittheilung von SCHOTT [1]) schon in den fünfziger Jahren Holzfussböden in Asphaltbettung zur Anwendung gebracht und in den zahlreichen Casematten der neuen Forts von Metz wurden diese Fussböden seit dem Jahre 1871 zur vollsten Zufriedenheit der Festungsbehörden ausgeführt. Dabei sind in Parterrräumen keinerlei Blindboden und Holzlager erforderlich. Die Parketstäbe werden nach dem bekannten Fischgratmuster (Fig. 120) in eine heisse Asphaltschicht von 1 Cm. Dicke eingedrückt und von dieser festgehalten. Um möglichst festes Anhaften des Holzes an den Asphalt und möglichst schmale Fugen zu erzielen, erhalten die Holzstäbe an ihren Kanten Abschrägungen oder auch Nuthen, d. h. die Seiten der Brettchen werden nach unten zu etwas abgehobelt, so dass der Querschnitt derselben keilförmig wird. Die Stäbe werden mit dem Asphalt unlösbar verbunden und haften, wie die Erfahrung zeigt, auch für die Dauer darin fest.

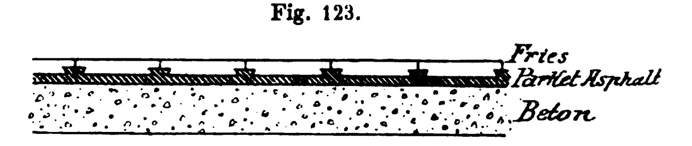
Der Umstand, dass Holz und Asphalt ungleiche Ausdehnungscoefficienten haben, musste anfangs Bedenken gegen diese Construction erwecken; aber zahlreiche derartige Asphaltparketböden haben sich in München (im Café Luitpold u. s. w.), wie ich mich selbst überzeugte, im Laufe der Jahre vortrefflich gehalten. Hausschwammbildung kann bei einer solchen Dielung niemals eintreten, da jede Grundfeuchtigkeit von dem Holzwerk abgehalten wird.

Die grossen sanitären Vortheile dieser Fussböden bedürfen nach dem früher Gesagten keiner Auseinandersetzung. Aus der Zwischendeckenfüllung können weder Staub noch Gase in die Wohnungsluft gelangen und während man in Wohnräumen ohne künstliche Ventilation und mit gewöhnlichen, durchlässigen Zimmerfussboden gezwungen ist, die oft in ekelhafter und schädlicher Weise verunreinigte Luft der darunter Wohnenden zu athmen, wird durch die Asphaltschichte eine vollständige Isolirung von den darunter liegenden Zimmern erzielt. In den Stockwerken sind aber Lagerhölzer und Blindböden nicht entbehrlich und erfahrungsgemäss verfährt man dabei in der Art, dass auf den Blindböden von 2 Cm. Stärke eine 2 Cm. starke Sandschicht, auf diese die 1 Cm. starke Asphaltdecke

1) Deutsche Bauzeitung, 1875, S. 88 u. 149.

und darauf endlich der $2^1/_2$ Cm. dicke Parketboden zu liegen kommt. Die mittelst Wasser zu bewirkende Reinigung dieser Fussböden ist leicht zu bewerkstelligen und da kein Wasser versitzt, so findet das Trocknen sehr schnell statt, endlich aber wird die Entstehung des unangenehmen, muffigen Geruches, der in Räumen mit gewöhnlichem Fussboden bei jeder Benetzung der Füllung auftritt, verhütet. Da bei diesen Böden eine volle Auflage des Parkets stattfindet, so wird auch das Geräusch beim Beschreiten derselben vermieden, welches sich sonst immer bemerklich macht. Trocknen die Holzstäbe stark aus, so entstehen dennoch keine durchgehenden Fugen. In Metz betragen die Kosten pro Quadratmeter 12,50 Francs. In Gegenden, wo das Eichenholz und der Arbeitslohn billiger und die Wege nach den Baustellen kürzer sind, als in Metz, und wo mehr Concurrenz der Unternehmer vorhanden ist, wird sich der Preis wesentlich billiger stellen, zumal man auch für geringere Böden Eichenholz untergeordneter Qualität verwenden kann. Bei grösseren Arbeiten wird vielerorts der Quadratmeter für 8 Mark und weniger geliefert werden, so dass die Kosten jene der gewöhnlichen Packetböden nicht überschreiten.

Fig. 123.

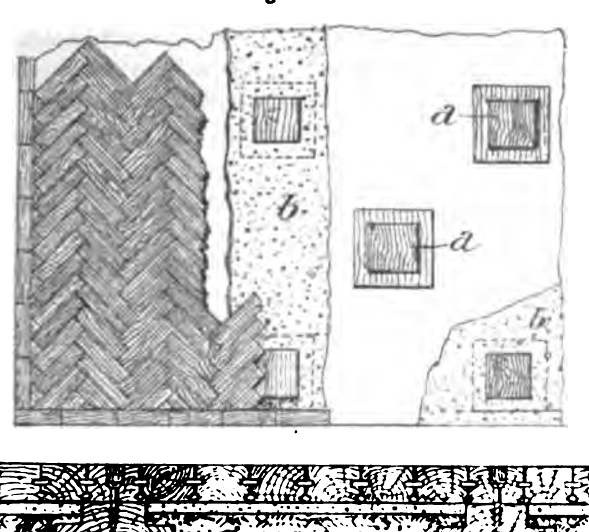


Die Herstellung des Dielen- oder Parket-Fussbodens in Asphalt kann auch nach einer von J. KLAUK patentirten Methode, welche in Oesterreich vielfache Anwendung findet, geschehen. Auf eine Unterlage von Beton (Fig. 123) wird eine etwa 10 Mm. starke Schicht einer Asphaltmischung, „Parket-Asphalt" genannt, ausgebreitet. In die noch heisse Masse werden die Dielen — hier Friese genannt — eingedrückt, welche an allen vier Unterseiten halbe Schwalbenschwanz-Nuten haben, die mit dem in dieselben eindringenden weichen Asphalt ein festes, untrennbares Gefüge geben. Parkettafeln statt der Dielen werden auf der Unterseite mit zwei sich kreuzenden Schwalbenschwanz-Nuten versehen. Die Stärke der Dielen ist die übliche von 26 Mm. Länge und Breite beliebig (Kosten = 13 Mark pro 1 □m.)

Eine noch stabilere Construction, bei welcher der Beton-Asphalt-Fussboden ein unbewegliches, für Flüssigkeit, Luft, Staub u. s. w. undurchdringliches Ganze darstellt, ist das Holzblock-Parket („Acme"-Patent) von DUFFY a. SONS (66 Storks Road S. E. London), eine zwar theure Methode, die aber in Bezug auf Vollkommenheit nichts

mehr zu wünschen übrig lässt. (Fig. 124.) Zuerst wird das Beton- und Cementbett (Fig. 124 b) vollkommen geebnet und je nach Bedürfniss Reihen von Holzblöcken (Fig. 124 a) versetzt eingebaut, an welche die Parkettafeln mit versenkten (äusserlich also nicht sichtbaren Schrauben) befestigt werden. Die Parketstäbe bestehen aus eigens präparirtem, getrocknetem und mit einer conservirenden Lösung imprägnirtem Holz; an ihrem unteren Theil befindet sich eine > Rinne, die der Länge nach verläuft und in welche die Asphaltmasse eindringt, beim Erstarren eine feste Verbindung mit dem Holze bildend.

Fig. 124.



Die Holzstäbe sind ausserdem beiderseits vermittelst Bolzen verbunden, welche den Fussboden zu einem unbeweglichen Ganzen machen.

Es ist wohl zu beachten, dass in allen Wohnräumen mit in Asphalt verlegten und daher für Luft und Wasser undurchlässigem Fussboden die Einrichtung künstlicher Ventilation ganz unerlässlich ist. Geschieht dies nicht, dann können durch diese impermeablen Fussböden grössere Gefahren für Gesundheit und Leben herbeigeführt werden, als jene sind, die man durch diese Fussbodenconstruction zu verhüten trachtet. Prof. Tsuboi hat auf Veranlassung des Verfassers die Ventilationsgrösse in solchen Zimmern bestimmt. In dem mit Betonzwischendecken und Asphalt-Parket versehenen Sprechzimmer eines jungen Arztes übertraf, bei Bestimmung der

Ventilationsgrösse, der schliessliche Kohlensäuregehalt den anfänglichen. Diese Vermehrung des Kohlensäuregehaltes während des Versuches war durch die Kohlensäureproduction des Beobachters bedingt und die Rechnung ergab, dass in der Versuchszeit von 15 Minuten fast gar kein Luftwechsel stattgefunden hatte. Der betreffende früher ganz gesunde Arzt starb nach mehrjährigem Aufenthalt in dieser Wohnung an Pneumonie. In solchen Wohnräumen lässt sich aber leicht mit Hülfe des Ofens eine für 1—2 Personen ausreichende Ventilation einrichten.

Bei Beton-Zwischendecken sollten die Fussbodenbretter erst nach 3—4 Wochen aufgebracht werden, da wenigstens Coaks-Beton so viel Zeit zum Trocknen braucht. Ob Coaksbeton die Entwickelung des Hausschwamms begünstigt (ähnlich wie Coaks und Kohlenschlacken) ist nicht entschieden, aber sehr unwahrscheinlich, denn die Wassercapacität, welche hier die ursächliche Rolle spielt, ist bei Beton sehr gering.

Fig. 125.

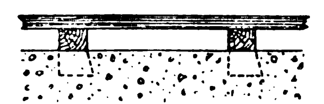


Fig. 126.



In England sind, wie schon erwähnt, Beton-Zwischendecken neuerdings sehr in Gebrauch gekommen und die dort übliche Befestigung der Fussbodenbretter auf dem Beton verdient auch in hygienischer Beziehung Beachtung.

Man nagelt die Bretter direct auf die Betonlage oder man lässt Taubenschwanz-förmige Holzblöcke (Fig. 125) in den Beton ein, auf welche man 2 Zoll breite Holzklötzchen nagelt, auf denen dann die Bretter befestigt werden. WRIGHT und JABEZ THOMPSON fabriciren besondere zu diesem Zweck bestimmte concrete fixing blocks und brickwood fixing blocks.[1]) Man pflegt auch die Taubenschwanz-förmigen Holzblöcke zur Hälfte in den Beton einzubetten (Fig. 126) und auf diese selbst die Fussbodenbretter zu befestigen. Allen diesen Constructionen liegt die Absicht zu Grunde, durch die zwischen der Betonschichte und dem Fussboden verbleibende Luftschichte die Schallleitung zu vermindern.

Aber abgesehen davon, dass dieser Hohlraum Mäusen und anderem Ungeziefer zum Aufenthalt dient, wird hierdurch der sanitäre Werth der ganzen Anlage in Frage gestellt und es ist daher viel zweck-

1) The Builder, 1892, p. 466.

mässiger auf diesen kleinen Vortheil (Abschwächung des Schalles) zu verzichten und den Zwischenraum zwischen Beton und Fussbodenbrettern mit geeignetem Material, am besten mit Asphalt auszufüllen.

In Deutschland haben die Decken aus Eisen und Beton leider noch nicht die Verbreitung gefunden wie in England und Amerika. Als Grund hiefür wurden die Schwierigkeiten in der Anbringung von Holzfussböden auf denselben angeführt und der Umstand, dass auch die Behandlung von Untersichten der Träger einige Unbequemlichkeiten verursacht. Man hat die Lagerhölzer des Holzfussbodens in den Beton eingebettet, oder auf die Betondecke eine Sandschichte gebracht und in diese die Lagerhölzer eingelegt. Durch letzteres Verfahren werden aber gerade wieder die Gefahren der Deckenfüllungen herbeigeführt, die doch durch die Betondecke vermieden werden sollten und die Decken werden dadurch auch unnöthig belastet. Die beiden hier erwähnten Schwierigkeiten sind ganz neuerdings durch das Verfahren von LUDOLFF[1]) in systematischer Weise beseitigt worden. Nach demselben wird bei den „geraden" Decken

Fig. 127.



(Fig. 126) die Untersicht mit 5 Mm. starken Drähten, die von Träger zu Träger reichen, unterspannt, durch Umbiegen der Drahtenden auf die Oberseite der Flansche. Nachdem alsdann die Unterschalung angebracht ist, wird (beim Trägerabstande von 0,7 Metern) eine 10 Cm. hohe Betonschicht eingebracht, nunmehr die Form fortgenommen und die Decke an der Unterseite mit Cementputz rauh beworfen. Später erst wird die Auffüllung der Deckenfelder bis zur Trägergleiche mit Schlackenbeton bewirkt und dessen Oberfläche genau abgeglichen; hat dieser ein wenig angezogen, so wird durch Nagelung mit 5 Cm. starken Schmiedenägeln (die noch gut anziehen und Halt gewinnen) ein starker Bezug von Jutestoff aufgenagelt. Auf diesen wird mit dem bekannten Klebemittel aus Käse und Kalk ein Blindboden geklebt, der dem Parket als Unterlage dient. Fig. 126 zeigt diese bereits vielfach bewährte Ausführungsweise, in welcher der Drahtbezug der Unterseite, ausser dass er zum Haften des Putzes beiträgt, auch den Zweck eines gewissen Ausgleichs der Deckenlasten erfüllt.

1) H. KOCH in Baukunde des Architekten, Berlin, ERNST TOECHE, I. Bd. 1. Th. S. 149.

Ein Belag aus Linoleum lässt sich direct durch Aufkleben auf einem Cementestrich befestigen.

Um Zimmerfussböden ohne Holz für Wohnzwecke geeignet und behaglich zu machen, ist das Linoleum ein vorzüglich brauchbarer Stoff. Es besteht aus einer mehrere Millimeter dicken Schicht eines Gemenges von oxydirtem Leinöl, Harz und Korkmehl, welches auf einem starkfädigen, an der Unterseite gefirnisstem Grundgewebe aus Jutegarn ausgebreitet und durch Walzen befestigt wird. Für Wasser ist es vollkommen undurchlässig, die Entzündbarkeit ist sehr gering, ebenso das Wärmeleitungsvermögen und von besonderm Werth (namentlich in Kinderzimmern u. s. w.) ist sein Schalldämpfungsvermögen und die Geräuschlosigkeit eines damit belegten Bodens. Die Reinigung geschieht leicht durch Aufwaschen mittelst Bürste und Wasser oder Seifenlösung aber ohne Sodazusatz. Der Abnutzung widersteht es mit derselben Zähigkeit wie gutes Sohlleder. Es wird in Rollen bis zu 25 Meter Länge und meist 2 Meter breit hergestellt; je nachdem es erste oder zweite Qualität, einfarbig oder bedruckt ist, kostet 1 □m. zwischen 2,00 und 3.50 Mark.

In neuester Zeit hat man auch den Versuch gemacht, Fussböden aus Kautschuk oder Guttapercha herzustellen. Dass dieselben in England für Pferdeställe verwendet werden, ist bekannt; aber auch in Wohnräumen sollen sich dieselben bewährt haben und namentlich wird die Behaglichkeit solcher Räume, die Erleichterung der Reinhaltung und die Verhütung des Wärmeverlustes gerühmt. Die verschiedenen Arten massiver Fussböden aus Granit-, Sandstein-, Kalkstein-Platten oder Fliessen, Schieferplatten, Cement-, Terrazo-, Glas-Fliessen, iron oder blue bricks u. s. w., sowie die verschiedenen Estriche werden im 2. Theil dieses Handbuches (Wirthschafts-, Aborträume, Corridore u. s. w.) entsprechende Berücksichtigung finden.

Das Verhalten der Dielen- und Riemen-Fussböden gegenüber dem hygroskopischen und tropfbar-flüssigen Wasser. (Quellen, Werfen und Schwinden.)

Das Werfen oder Welligwerden, das Schwinden oder die Fugenbildung der Fussböden sind scheinbar unvermeidliche Erscheinungen, die man als etwas Unausbleibliches oder geradezu Naturnothwendiges hinzunehmen sich gewöhnt hat, deren Verursachung aber auch bald dem Holze oder dem Schreiner, bald dem Baumaterial oder dem Bauleiter zugeschrieben wird.

Wie für so manche andere alltägliche Erscheinung, so hat auch für diesen, in jedem Hause zu beobachtenden, ökonomisch und

hygienisch so wichtigen Vorgang, v. PETTENKOFER die wahre Ursache klargelegt und damit die Mittel und Wege zur Verhütung desselben geschaffen.

Da das sogenannte Werfen und Schwinden hölzerner Fussböden wesentlich durch wechselnde Aufnahme und Abgabe von Wasser bedingt ist, so liess v. PETTENKOFER an Eichenriemen und Fichtenbrettern, wie sie bei Fussböden in Verwendung kommen, Versuche über Wasser-Aufnahme und -Abgabe durch Dr. L. EISENLOHR ausführen.

Von beiden Holzarten wurden gleich grosse Stücke geschnitten und ihr Gewicht bestimmt, sowohl nach dem sie bei 100° C. ihr hygroskopisch gebundenes Wasser abgegeben hatten, als auch, nachdem sie in feuchter Luft von gewöhnlicher Temperatur sich wieder mit hygroskopischer Feuchtigkeit gesättigt hatten.

Die Fläche der Stücke betrug 34,88 □Cm.:

Gewicht des lufttrockenen Fichtenholzes	. . . .	368,66 Gr.
„ „ „ Eichenholzes	. . . .	512,37 „
bei 100° C. getrocknet wog Fichtenholz	. . . .	321,95 „
„ „ „ „ Eichenholz	. . . .	487,32 „

Fichtenholz verlor somit von seinem Gewicht 13% und Eichenholz nur 5 Proc. hygroskopisch gebundenes Wasser. Es wurde nun untersucht, in welchen Mengen, und in welcher Zeit vollkommen ausgetrocknetes Holz, in einer mit Wasserdunst gesättigten Luft, Wasser hygroskopisch bindet, bis das Gewicht konstant wird, d. h. bis das Holz seiner hygroskopischen Eigenschaft entsprechend mit Wasser gesättigt ist. Dazu wurden die Holzstücke auf einen Rost über einem Teller gebracht, auf dessen Boden Wasser war, und eine Glasglocke darüber gestürzt.

Die Vorrichtung stand in einem Raume, in welchem die Temperatur im Laufe eines Tages nicht um 1° C. schwankte.

Der Versuch begann am 23. November 1891. Anfangs wurde täglich eine Wägung der beiden Holzstücke unter entsprechenden Vorsichtsmassregeln vorgenommen. Es zeigte sich aber, dass die hygroskopische Bindung der Feuchtigkeit nur langsam fortschritt und wurden daher dann die Wägungen in längeren Zwischenräumen ausgeführt.

Es ergab sich dabei, dass Fichtenholz in der hygroskopischen Wasserbindung viel rascher arbeitet als Eichenholz und früher zur Sättigung gelangt.

Der Versuch wurde am 29. Februar 1892 unterbrochen. Das Fichtenholz hatte 19,54 Proc. seines Trockengewichtes Wasser hygro-

skopisch gebunden, das Fichenholz 16,18 Proc. Das Fichtenholz kann als gesättigt angesehen werden, das Eichenholz noch nicht ganz.

Die letzten Wägungen ergaben nämlich bei Fichtenholz keine merkliche Zunahme mehr, hingegen bei Eichenholz noch rund 3 Gramm, was allerdings nur 0,006 Proc. des Trockengewichtes ausmacht. Das Eichenholz hätte wahrscheinlich noch ein paar Wochen gebraucht, bis das Gewicht ein constantes geworden wäre. Die gewonnenen Resultate genügten aber schon, um daraus den Schluss zu ziehen, dass allerdings die Sättigungsmaxima für die beiden Holzarten nicht sehr verschieden sind, dass aber Fichtenholz viel schneller arbeitet als Eichenholz, was auch daraus hervorgeht, dass die Holzarten, wie sie im Neubaue vor Herstellung des Fussbodens entnommen worden waren, verschiedene Mengen hygroskopisch gebundener Wasser enthielten.

Fichtenholz 12,67 Proc. und Eichenholz nur 4,89 Proc.

Es wurde nun auch versucht, wie sich die beiden Holzarten gegen tropfbar flüssiges Wasser verhalten, wenn dieses beim Putzen oder nassem Wischen auf den Zimmerboden gebracht wird. Um dies zu ermitteln, wurde die Oberfläche mit etwas Wasser benetzt und sofort mit einem Tuche abgewischt. Diese Operation wurde sowohl an den mit hygroskopisch gebundenem Wasser gesättigten, als auch an ganz trockenen Stücken vorgenommen.

Das gesättigte Fichtenstück	nahm	im	Mittel	1,00	Gr.
„ „ Eichenstück	„	„	„	0,51	„
das trockene Fichtenstück	„	„	„	2,49	„
„ „ Eichenstück	„	„	„	1,25	„

an Gewicht zu.

Daraus geht hervor, dass ein Fichtenholzboden beim Wischen und Putzen jedenfalls nochmal so viel Wasser aufnimmt, als ein Eichenholzboden.

Nichtsdestoweniger beobachtet man, dass sich auch Riemenböden nach dem Legen ändern, sich werfen oder schwinden, und es entsteht die Frage, unter welchen Umständen dies geschieht.

Eine richtige Construction und gutes Material vorausgesetzt, kommen diese Uebelstände von abnormen Feuchtigkeitsverhältnissen und abnormer Vertheilung des Wassers im Holze her. Feuchtigkeit im Holze, gleichviel ob das Wasser frei oder hygroskopisch darin gebunden ist, vergrössert das Volumen des Holzes, und das Volumen verkleinert sich wieder mit der Abgabe des Wassers.

Wechsel der Feuchtigkeit bedingt naturnothwendig eine gewisse Bewegung im Holze. Je schneller und leichter eine Holzfläche Wasser aufnimmt und wieder abgibt, um so grösser ist ihre Bewegung, um so mehr können aneinanderstossende Stücke sich heben und auch trennen. Wenn die untere und die obere Fläche eines Holzbodens ungleich feucht gemacht und ungleich feucht erhalten werden, so wird die feuchtere Fläche eine convexe und die trocknere eine concave Biegung beginnen. Davon kann man sich sehr leicht überzeugen, wenn man ein dünnes Brett aus Fichtenholz etwa 1 Cm. dick, auf einer Seite mit Wasser bestreicht, es mit dieser Seite auf einen Tisch legt, so dass das Wasser nicht schnell verdunsten kann. Da wirft sich das zuvor ganz horizontale Brett, die nach oben sehende trockene Fläche wird concav, die untere feuchte convex.

So lange die obere und untere Fläche annähernd gleich feucht ist, findet keine solche Bewegung statt und dehnen sich die Flächen nur horizontal aus, oder ziehen sich bei gleichzeitiger Verdunstung horizontal zusammen.

In dem Maasse, als Eichenholz langsamer Wasser aufnimmt und abgibt als Fichtenholz, werden bei ersterem diese Bewegungen weniger als bei letzterem bemerkbar sein. Da aber bei länger dauernder Einwirkung der Feuchtigkeit hartes Holz fast eben so viel Wasser aufnimmt, wie weiches Holz, wie aus dem obigen, 99 Tage dauernden Versuch hervorgeht, so ist selbstverständlich, dass auch bei hartem Holz solche Bewegungen mit ihren Folgen zu Stande kommen können. Das kann also bei einem nassen Riemenboden eintreten, welcher auf eine nasse Unterlage, z. B. auf nassen Urbau u. s. w. gelegt wird. Es kann aber auch eine Bewegung im umgekehrten Sinne erfolgen, wenn ein Boden auf eine trockene Unterlage gelegt wird, wenn er aber darnach auf seiner oberen Fläche wesentlich mehr Wasser aufnimmt als auf seiner unteren. Dies kann nicht blos durch Benetzen mit tropfbar flüssigem Wasser, sondern auch durch hygroskopische Condensation von Wasser aus der Luft geschehen. Es tritt am leichtesten während der kalten Jahreszeit in ganz unbeheizten Räumen ein. Die Winterluft enthält allerdings entsprechend der Temperatur nur eine geringe Menge Wasserdampf, ihre absolute Wassermenge ist gering, aber ihre relative Feuchtigkeit ist gross, stets sehr nahe dem Maximum, welches Luft bei dieser Temperatur überhaupt aufnehmen kann.

Alle hygroskopische Körper setzen sich stets in ein Gleichgewicht nicht mit der absoluten,* sondern nur mit der relativen Feuchtigkeit der Luft, worauf auch das SAUSSURE'sche Haarhygrometer beruht.

Das hygroskopische Holz verhält sich nicht anders.

Wenn lange Kälte geherrscht hat und unbeheizte Räume recht durchkältet sind, kann sich sogar tropfbar-flüssiges Wasser in ihnen niederschlagen und können die Fussböden schwitzen, so oft als Thauwetter eintritt und wärmere, zugleich mit einem grösseren absolutem Wassergehalt versehene Luft in solche Räume dringt. An den kalten Wänden und Böden wird die warme Luft bis zum Thaupunkt abgekühlt, und setzt sich der Wasserdampf in tropfbar-flüssiger Form, unter Umständen auch in fester Form als Eis, Schnee oder Reif ab. In nach Norden gelegenen unbeheizten Registraturen ist in Folge dieser atmosphärischen Vorgänge das Papier ja schon oft so nass geworden, dass Schimmel darauf wuchs, dass namentlich die Ränder der Akten beim Berühren mit der Hand sich wegwischen liessen, als ob das Papier in Wasser gelegen wäre.

Da das Quellen, Werfen und Schwinden der hölzernen Bodenbedeckungen wesentlich mit den hygroskopischen Eigenschaften des Holzes und mit dem Thaupunkte der Luft über dem Boden zusammenhängt, so ergibt sich, dass man das in Neubauten so häufig vorkommende Quellen, Werfen und Schwinden eines frisch verlegten, trockenen Dielen- oder Riemenbodens verhindern kann, wenn man dafür sorgt, dass 1) die Boden- oder Zwischendeckenfüllung, auf welche der Boden gelegt wird, nicht nass ist, oder nachträglich durchnässt wird, und 2) dass dem Raume, in welchem der Boden liegt, stets soviel Wärme zugeführt wird, dass die mit dem Boden in Berührung kommende Luft nicht unter ihren Thaupunkt abgekühlt wird, wozu eine sehr geringe Wärmezufuhr genügt. Das nasse Wischen eines Bodens hat keine Wirkung so lange der Wassergehalt der Luft im Raume ein Sättigungsdeficit, wenn auch nur ein geringes, hat, denn da verdunstet das Wasser auf der Oberfläche rasch wieder, während es länger bleibt und weiter eindringt, wenn die Luft mit Wasserdunst gesättigt und kein Sättigungsdeficit mehr vorhanden ist. Während der kalten Jahreszeit muss in Neubauten, um die Austrocknung der Mauern zu begünstigen und Schädigungen des Fussbodens zu verhüten, geheizt und gelüftet werden. (v. PETTENKOFER.)

Allgemeine ausführbare (billige) Imprägnirungsmethode für Dielenfussböden.

Die meisten der gebräuchlichen Imprägnirungsmethoden der Fussböden sind für die arme Bevölkerung zu theuer und man findet deshalb Fichtenholzfussböden primitivster Art, ohne jeden Schutz und Anstrich, gerade in solchen Wohnungen in denen das Bedürfniss nach letzterem am Dringendsten ist. Die hygienischen Bestrebungen müssen aber vorzugsweise darauf gerichtet sein, die in dichtbewohnten Gebäuden in erhöhtem Maasse auftretenden Gefahren schlechter Zimmerfussböden im Interesse der betreffenden Bewohner und der Allgemeinheit zu beseitigen.

Vallin[1]) hat eine gerade für solche Verhältnisse geeignete Holz-Conservirungsmethode, welche in den letzten Jahren in französischen Kasernen mit bestem Erfolg versucht wurde, geprüft und als vorzüglich befunden, nämlich den Anstrich mit Steinkohlentheer, dem man eventuell etwas Terpentinöl zusetzen muss. Die Methode ist mancherorts in Misscredit gerathen, aber nur deshalb, weil sie mangelhaft ausgeführt wurde. Wird der Theer zu dick aufgetragen oder kalt angewendet, so wird der Boden klebrig, hält den Staub zurück und sieht sehr schlecht aus. Ganz anders fällt die Sache aus, wenn der Boden 8 Tage vorher gründlich mit Kalilauge geputzt wurde und vollständig trocken ist und wenn man nun mit einem groben Malerpinsel eine ganz dünne Schicht im Wasserbad oder über schwachem Feuer erwärmten Theer aufträgt, wie es die Kalfaterer auf den Schiffen machen. Man darf unter keinen Umständen vor Ablauf einiger Monate nachstreichen. Holz, besonders weiches und poröses absorbirt, den Theer sehr langsam, aber auch sehr tief. Nach einigen Tagen soll die Oberfläche matt, keineswegs aber glänzend sein. Ist eine Lage (Anstrich) ungenügend, so muss nach einigen Monaten nachgestrichen werden. Jedenfalls darf das Zimmer erst 14 Tage nach dem Streichen benützt werden; früher ist die Theerschicht nicht trocken. Der im Handel vorkommende Theer ist meist zu dick und erreicht auch beim Erwärmen nicht die nöthige Dünnflüssigkeit, damit er in dünner Schicht aufgetragen werden kann. In diesem Falle setzt man etwas Terpentinöl (essence de térébenthine) zu (ungefähr 1 auf 10 Theile Theer), mit welchem man den Theer nach Bedarf verdünnen kann, da es wieder rasch verdunstet. Das Eindringen in das Holz wird hierdurch sehr befördert und der Geruch verbessert. Um den Werth des Theeranstriches

---

1) Vallin: Assainissement des casernes. Rev. d'hygiene, 1888, p. 952.

gegenüber dem bei deutschen Kasernen-Fussböden öfters angewendeten Carbolineum zu vergleichen, hat VALLIN folgende Versuche ausgeführt: 40 Cm. lange, 15 Cm. breite und $2^1/_2$ Cm. dicke, gehobelte Fichtenholzbretter von circa 1700 Gramm Gewicht, wurden mit erwärmten Theer oder kalt mit Carbolineum bestrichen, während andere zur Controlle keinen Anstrich erhielten.

Nach 10 Tagen, nachdem die Bretter lufttrocken waren, wurden sie gewogen, dann eine Stunde lang in Wasser gelegt, rasch mit einem groben Tuch abgetrocknet und wieder gewogen, wobei sich folgende Zahlen ergaben:

	Brett mit Theer bestrichen	Brett mit Carbolineum gestrichen	Brett ungestrichen
Vor dem Eintauchen	1705 Gr.	1680 Gr.	1700 Gr.
Nach dem Eintauchen	1770 »	1850 »	1875 »
Absorbirtes Wasser	65 »	170 »	175 »

Unerwarteter Weise hat das Carbolineum, trotz seines übrigen, festen Aussehens das Eindringen des Wassers fast gar nicht, der Theeranstrich dagegen um die Hälfte vermindert. Es ist so gut wie gewiss, dass durch den Theeranstrich kein Wasser in das Holz eindrang und dass die Gewichtsvermehrung lediglich durch die Adhäsion des Wassers an der grossen Oberfläche (120 □-Decim.) bedingt ist; denn beim Liegen an der Luft verminderte sich das Gewicht in Folge der Verdunstung in jeder Viertelstunde um einige Gramm. Der Versuch wurde dreimal mit gleichem Resultat wiederholt.

Der Theer hat sich von Alters her beim Kalfatern der Schiffe so vortrefflich bewährt, dass es kaum verständlich ist, wesshalb derselbe als Schutz gegen Feuchtigkeit so selten Verwendung findet.

Auf Grund seiner im Grossen (in Wohnungen) ausgeführten Versuche spricht VALLIN die Ueberzeugung aus, dass es, sowohl vom ökonomischen, wie vom sanitären Standpunkt aus, von grossem Vortheil wäre, wenn die Anwendung des Theers eine allgemeinere würde, namentlich bei Fussböden dichtbewohnter Häuser und in Massenquartieren, wo die Böden nicht mit Wachs behandelt werden können. Letzteres sieht zwar viel hübscher aus, ist aber theuer, verlangt sorgfältige Behandlung und schützt das Holz nicht in gleichem Maasse gegen Beschmutzung und Infection. Ganz unverträglich mit der Anwendung des Wachses ist das Aufwaschen des Fussbodens mit reichlichem Wasser und überall, wo letzteres nöthig ist, z. B. in chirurgischen Hörsälen, deren Fussboden mit Blut, Eiter u. s. w. beschmutzt wird, leistet der Theer vorzügliche Dienste, besonders wenn er auf einem

ganz dicht geschlossenen, trocknen Boden, der gerade aus der Arbeit kommt, von Anfang an angewendet wird. Der Theer dringt in die kleinsten Ritzen und Fugen, verschliesst sie hermetisch und hindert von da an das Schwinden und Werfen, welche in Folge des Wechsels von Trockenheit und Feuchtigkeit entstehen und die gewöhnlichen Böden „dem Auge so widerwärtig und der Gesundheit so nachtheilig machen, durch den schädlichen, heimtückischen Staub, der sich in allen Ritzen sammelt".

Der getheerte Fussboden sieht anfangs schwarz und traurig aus; er hält aber bald den Silicatstaub zurück und inkrustirt sich damit, wodurch das Holz eine graue Farbe erhält und aussieht, wie ein alter Dielenfussboden. Es dürfte übrigens nicht schwer fallen, dem Theeranstrich durch Beimischung geeigneter Farben von vornherein ein gefälligeres Aussehen zu geben.

Zufällig auf getheerten Boden verschüttetes Wasser dringt nicht ein; es ist auch nicht mehr nöthig vor dem Kehren zu spritzen, denn der Staub ist sehr verringert. Man reinigt mehrmals wöchentlich durch Aufwaschen mit feuchtem Tuche und zur Zeit von Epidemien, kann man ohne Bedenken mit starken Carbolsäure- oder Sublimatlösungen aufwaschen, die, weil nichts eindringt, sicher durch Nachwaschen wieder entfernt werden können.

Ein anderer ökonomischer und technischer Vorzug ist, dass der Theerüberzug sich namentlich auch unter der, für weiche Fussböden so nachtheiligen Wirkung genagelter Schuhe, fast gar nicht abnützt und die Dauer der Fussböden beträchtlich verlängert. Er erschwert auch das Einnisten von Wanzen und anderem Ungeziefer, dieser schlimmen Plage von Massenquartieren, beträchtlich. Die Kosten des Anstriches sind minimal. Der Theer kostet ungefähr 5 Mark pro 100 Kilo und mit einem Kilo lassen sich, je nach der Art und Abnützung des Holzes 5 bis 8 □m. anstreichen. Selbst wenn ausnahmsweise einige Liter Terpentinöl zu 1 Mark der Liter zugesetzt werden, so betragen die Kosten ohne die Arbeit nur 3 Pfennige per □m. Der Anstrich sollte aber mindestens einmal im Jahr erneuert werden.

Der Theergeruch verliert sich, wie gesagt, sehr bald und mit ihm verschwindet jener fade, ekelhafte Geruch, der ein charakteristisches Merkmal aller dicht belegten Wohnungen ist und die Gegenwart dunkler, aber wirklich vorhandener Quellen der Insalubrität verräth.

SECHSTES CAPITEL.

Die Zersetzungserscheinungen und Pilz-Krankheiten des Bauholzes.

I. *Der Hausschwamm* (Merulius lacrymans Fr.)[1])

Die Behaglichkeit und Reinlichkeit des Wohnhauses und die Gesundheit der Bewohner können empfindliche Störungen erleiden durch die Pilzkrankheiten des beim Hausbaue verwendeten Holzes.

Noch vor 20 Jahren waren in der Wissenschaft über die Processe der Holzfäulniss ganz irrige Anschauungen geltend, denen man auch noch heutzutage nicht nur bei Laien, sondern auch bei Fachmännern begegnet. Man glaubte, dass die verschiedenen Arten der Holzfäulniss durch rein chemische Vorgänge bedingt seien und dass die dabei auftretenden Pilzbildungen nur als Begleiterscheinungen zu betrachten wären.

Man kann die in der Regel schlechtweg als „Fäulniss" bezeichneten Processe in zwei Hauptcategorien eintheilen, in die Zersetzungserscheinungen lebender Bäume und diejenigen gefällter Bäume, speciell des Bauholzes.

Schon Willkomm hat den Versuch gemacht, die sogenannte Roth- und Weissfäule der Bäume auf die Thätigkeit eines Pilzes, den er Xenodochus ligniperda nannte, zurückzuführen, aber erst Robert Hartig hat durch seine bahnbrechenden, langjährigen Untersuchungen, ähnlich wie Robert Koch bei den thierischen und menschlichen Infectionskrankheiten, die parasitären Erreger der Holzkrankheiten nachgewiesen, gezüchtet und durch die künstliche Uebertragung der Culturen auf gesundes Holz den Nachweis ihrer ursächlichen Bedeutung erbracht.

Lange Zeit schien es, als ob der Hausschwamm eine heimathlose Culturpflanze geworden sei, weil die Bedingungen seiner Existenz im Walde nicht mehr vorhanden wären. Erst vor einigen Jahren ist es den Nachforschungen Hartig's gelungen, diesen Pilz an alten Nadelholzstöcken in einem Walde bei Königstein in Sachsen aufzufinden, so dass die Annahme berechtigt erscheint, dass derselbe auch an anderen Orten allgemeiner im Walde verbreitet ist. Neuerdings wurden ähnliche Beobachtungen von verschiedenen Seiten mitgetheilt und dadurch die Richtigkeit der von Hartig ausgesprochenen Ansicht

1) Nach Robert Hartig: Der ächte Hausschwamm. Berlin, Jul. Springer 1885.

bestätigt. Im russischen Polen ist die Meinung, dass der Hausschwamm schon mit dem Holze im Walde eingeführt wird, allgemein verbreitet.

Zweifellos scheint jedoch zu sein, dass er sich nur an bereits gefälltem, todten Holze zu entwickeln vermag, da Versuche, ihn an lebenden Bäumen im Walde durch künstliche Uebertragung hervorzurufen, bisher fehlschlugen.

In den Häusern findet er sich, da im Wesentlichen beim Bauen nur Nadelholz verwendet wird, in der Regel an diesem. Daraus ist unter den Bautechnikern die irrige Anschauung entsprungen, dass Laubholz immun gegen den Hausschwamm sei; doch ist es Hartig gelungen, ihn auch auf Eichenholz zu übertragen und den Nachweis zu liefern, dass dieses in Wohnungen (als Parketboden u. s. w.) thatsächlich häufig durch Hausschwamm zerstört wird, während Rothbuchenholz sich sehr lange gegen seine Angriffe mit Erfolg wehrt.[1]) Die desorganisirende Wirkung des Pilzes beruht darauf, dass aus dem Inhalte der im Innern der Holzzellen erwachsenden, für das unbewaffnete Auge nicht sichtbaren Pilzfäden, lösliche eiweissartige Stoffe, sogenannte Fermente ausgeschieden werden, welche auf grössere Entfernungen hin die Zellwände der Holzzellen durchdringen, bestimmte Bestandtheile der Holzwandung in löslichen Zustand versetzen und für die Ernährung des Pilzes geeignet machen. Es scheint, dass jeder Holzparasit eine specifische, in den Wirkungen von anderen durchaus verschiedene Fermentsubstanz ausscheidet, da schon makroskopisch, je nach dem Parasit, der den Zersetzungsprocess verursachte, eine grosse Verschiedenheit in der Färbung, Festigkeit u. s. w. bei ein und derselben Holzart zu erkennen ist.

1. Gestalt des Pilzes.

Die Sporen des Merulius lacrymans stellen, wenn sie in grossen Massen auf einer weissen Unterlage beisammenliegen, ein hellbraunes Pulver dar. Sie sind nur etwa 0,01 Mm. lang und halb so breit und es genügt ein ausserordentlich geringer Luftzug, um sie fortzuwehen, was leicht erklärlich erscheint, wenn man bedenkt, dass ein einziger Cubikmillimeter 4 Millionen aufzunehmen vermag. Die eine Längsseite ist, wie Hartig [2]) auf Taf. II, Fig. 10 zeigt, stark convex, die andere gerade oder schwach concav. Die hellbraune, ziemlich dicke Wandung hat an der Basis, wo die Sporen von der Basidie abgeschnürt

---

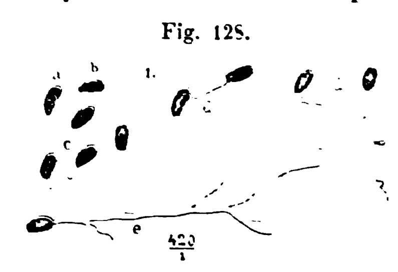
1) Es scheint also auch hier, wie bei den Thieren und Menschen, eine Art relativer Immunität gegen parasitäre Krankheiten vorzukommen.

2) Die hier citirten Abbildungen befinden sich bei Hartig l. c. Fig. 128, 129 und 130 sind dem gleichen Werke entnommen.

sind, einen äusserst feinen Kanal, die Keimöffnung (Keimpore), welche durch ein kleines hellglänzendes, farbloses Knöpfchen verschlossen ist. Im reifen und latenten Zustand finden sich im Innern neben dem Plasma 1 bis 5 grosse, und mitunter noch einzelne kleine Fetttropfen Fig. 128a.

Findet die Spore günstige Bedingung zur Keimung, so verschwinden zunächst die Fettkugeln und es tritt statt dieser eine das ganze Innere ausfüllende, ungekörnelte Protoplasmamasse auf, in welcher oft ein kleiner, scharf begrenzter, farbloser Fleck liegt, der wohl als Zellkern zu betrachten ist Fig. 128 b. Bei Beginn der Keimung tritt Keimpore an der Basis der Spore der Keimschlauch hervor, welcher aus der in einer künstlichen Nährlösung üppig anschwellend einer hefeartigen Sprossung gleicht Fig. 128c. u. d. Geht die Keimung der Spore auf Holz vor sich, so erscheint der Keimschlauch zwar nicht so üppig geschwellt, aber immer noch wesentlich dicker als der Durchmesser der Keimpore.

Fig. 128.



In der Nährlösung zeigen sich, wenn der Keim schlauch etwa das 4fache der Sporenlänge erlangt hat, seitliche Sprossungen desselben, die häufig gegen die Spitze zu dicker werden Fig. 128 e. Unter natürlichen Verhältnissen bohrt sich der Keimschlauch alsbald in den Holzkörper ein, in welchem er Nahrung findet und wo nun die Pilzschläuche oder Hyphen sich reichlich verästeln (Hartig Taf. I. Fig. 2). Das Eindringen derselben aus dem Innern eines Organs in das der Nachbarorgane erfolgt dadurch, dass sich die Spitze des Pilzschlauches der Wandung anlegt und ein äusserst zarter Schlauch als Fortsetzung der viel dickeren Hyphenspitze die Wandung durchbohrt, um auf der anderen Seite derselben in gleicher Weise anzuschwellen und die gleiche Dicke zu erreichen, wie die Hyphe jenseits der Wandung (Fig. 2a). Diese Durchbohrung der Wandung ist kein mechanischer, sondern ein chemischer Process, indem die zarte Hyphenspitze vor sich die organischen Micelle und Aschenbestandtheile der Wandung auflöst und sich so einen feinen Kanal schafft, den sie ganz ausfüllt. Wenn von vielen Autoren behauptet wurde, dass das vom Hausschwamm zerstörte Holz, zum Unterschied von solchem, welches von anderen Parasiten befallen ist, keine Pilzbohrlöcher zeige, so liegt der Grund nur darin, dass die von der zarten Fortsetzung der Hyphenspitze gebohrten Canäle ihrer ausserordentlichen Feinheit wegen übersehen wurden.

Das die Holzsubstanz durchziehende fadenförmige Mycelium ist farblos und besteht aus dicken und feinen Hyphen. Eine höchst charakteristische Eigenthümlichkeit sind die auch bei den zartesten Hyphen nicht fehlenden ungemein häufigen und grossen **Schnallenzellen** (Fig. 2cc), die oft den Ausgangspunkt der neuen Verzweigungen bilden (Fig. 2dd). Seitlich der Schnallenzelle befindet sich immer eine Querwand in der Hyphe, die aber auch an anderen Stellen vorkommt. An den kräftigeren Hyphen finden sich aussen oft zahllose Körnchen oder Krystalle von oxalsaurem Kalk (Fig. 2e). Das Protoplasma wandert immer mit der wachsenden Spitze und je ärmer das Holz in Folge der fortschreitenden Pilzentwickelung wird, um so schneller entleert sich der Pilzfaden und stirbt ab, so dass nur die erwähnten Krystalle sein früheres Vorhandensein documentiren. Das Protoplasma der wachsenden Hyphenspitze muss nicht nur die Pilzwandung aufbauen, wozu kein Stickstoff nöthig ist, sondern auch Fermente produciren, welche einen Theil der organischen Micelle der Holzwandung in lösliche, für den Pilz leicht assimilirbare Form überführen.

Wenn das im gesunden Holz wachsende Mycel des Hausschwammes den Vorrath an Stickstoffnahrung in einer gewissen Holzregion verbraucht hat, so geht der Pilz zu Grunde und die leeren Pilzfäden verschwinden vollständig, so dass man oft sogar in stark zersetztem Holz keine Spur des Pilzmycels findet. In solchen Fällen werden dann oft ganz abenteuerliche Theorien über die Ursache der Holzzersetzung aufgestellt. Es ist jedoch wohl zu beachten, dass die Pilzfäden auch durch stickstofflose Theile des Holzes sich verbreiten können, weil, wie erwähnt, das Protoplasma der Hyphen immer mit der wachsenden Spitze wandert. Auch ausserhalb des Holzes oder über dieses hinaus, vermag sich der Hausschwamm zu entwickeln, namentlich wenn die Luft feucht und ruhig ist, so dass sie die Existenz der äusserst zarten Hyphen ausserhalb des Holzes nicht verhindert. Der Pilz hat dann das Aussehen von weissen, watteartigen Polstern, die oft eine erstaunliche Grösse erreichen. In Fehlbodenfüllungen, im Erdboden tritt der Hausschwamm anfangs als zartes, kaum sichtbares Mycel auf, in welchem aber bald sich strauchartig verästelnde Stränge auftreten (Fig. 8 u. 9), die schliesslich die Dicke eines Bleistiftes erreichen und sich in gleicher Weise auch in dem flockig oder watteartig frei wachsenden und in dem fächerförmig auf Holz, Steinplatten, Mauern u. s. w. sich verbreitenden Mycel entwickeln. Diese Stränge sind es, welche die Nahrung aus dem Holze auf weite Entfernungen hin dem wandernden Mycel zuführen. Hartig

hat gezeigt, dass das ausserhalb des Holzes wachsende Mycel weite Strecken zurückzulegen, d. h. sich weithin zu entwickeln vermag ohne Nahrung aufzunehmen; er sah üppige Pilzwucherungen aus feinen Mauer- oder Gewölberitzen hervortreten, welche von dem Holzwerke, aus dem sie ihre Nahrung bezogen, 2—3 Meter entfernt waren, und entweder in der Luft eine Strecke weit sich entwickeln, oder in der Fehlbodenfüllung, in den Fugen und Ritzen des Mauerwerkes sich allseitig verbreiten. Die künstliche Züchtung des Hausschwammes ist HARTIG in eigens erbauten feuchten Kellerräumen und in verschliessbaren Glaskästen gelungen; er konnte Pilzmassen von Kopfgrösse erzielen, die aber beim Vertrocknen stark zusammenfielen.

Muss sich das aus dem Holz hervorwachsende Mycel unter den Fussbodendielen, hinter Holzbekleidungen der Wände etc. verbreiten, dann legt es sich auf die Holzfläche direct an und wächst fächerartig in Form von mehr oder wenig dicken Häuten weiter (Fig. 10, 11), welche, wenn man sie nach dem Aufreissen der Bretter noch in Weiterentwickelung findet, in der Regel reichlich mit wasserhellen Tropfen (Thränen) besetzt sind.

Nach diesen Beobachtungen ist es erklärlich, dass der Pilz oft in Räumen auftritt, die durch dicke Mauern von dem eigentlichen Schwammherde getrennt sind.

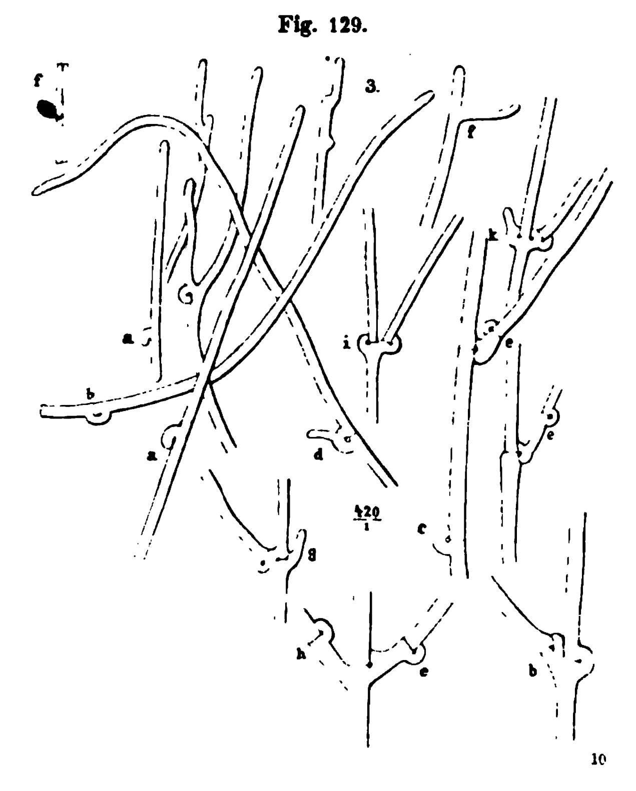
Das jugendliche Mycel hat gewöhnlich eine rein weisse Farbe, die mitunter einen zarten röthlichen Schein zeigt (Fig. 1), oft aber auch von Anfang an einen schwach rauchgrauen Ton besitzt. Später, besonders beim Beginn des Absterbens, prävalirt eine rauchgraue Färbung, welcher mehr oder weniger Gelb beigemengt ist. Die noch persistirenden Stränge werden dann ebenfalls schmutziggrau oder gelblich. Die Thränen (Tropfen), welche das Mycel in feuchten Räumen oft massenhaft absondert, und die zu dem Epiteton lacrymans Veranlassung gegeben haben, sind wasserklar oder schwach gelb gefärbt.

Ein eigenthümliches Wachsthumsphänomen, auf welches HARTIG zuerst aufmerksam gemacht hat und das nach ihm nur beim Hausschwamm vorkommt und daher für den Nachweis, die Identificirung des Pilzes die grösste Bedeutung hat, ist die Aussprossung der Schnallenzellen. Dieselbe ermöglicht es den Merulius lacrymans als solchen selbst beim kleinsten Holzstücke oder Mycelfragment sicher zu bestimmen.

Jene kurzen, halbkreisförmigen, den Hymenomyceten eigenthümlichen Auswüchse der Hyphen, die sich sehr oft an Stellen finden, an welchen eine Querwand in der Hyphe sich entwickelt hat, nennt man Schnallen. Sie entstehen auch beim Hausschwamm, noch

bevor die Querwand gebildet ist, in der Nähe der wachsenden Spitze durch eine Aussprossung (Fig. 129 a), die sich sofort nach abwärts krümmt und mit der Hyphe unter vollständiger Resorption der beiderseitigen Wandungen an der Berührungsstelle verwächst (Fig. 129 b). Dies ist offenbar, wie HARTIG mit Recht schliesst, eine Art Copulation.

Fig. 129.



Der kleine luftführende Raum, welcher die Schnalle von der Hyphe trennt, ist der Ausgangspunkt, von dem aus in der Hyphe kurze Zeit darnach eine Scheidewand entsteht (Fig. 4 b).

Bei allen von HARTIG bisher untersuchten Hymenomyceten bleiben die Schnallen steril und dieselben erscheinen als ein Auswuchs der Hyphe, der sich dieser nur seitlich anlegt.

HARTIG hat das Verdienst, die Bedeutung dieser Schnallen, die bisher als ziemlich zwecklose Gebilde betrachtet wurden, beim Merulius erforscht und klargelegt zu haben.

Eine grosse Zahl der Schnallen sprosst nämlich immer sofort, noch vor Entstehung der oberen Scheidewand, zu einer Seitenhyphe

aus (Fig. 4 b. Fig. 3 dk), was darauf hinweist, dass es sich hier um einen Copulationsprocess handelt, durch welchen die Entstehung einer Seitenhyphe verursacht wird. Auch unmittelbar gegenüber der einen Schnalle entsteht sehr oft eine einfache Aussprossung (Fig. 129 g), die dann bald darauf zur Schnallenbildung schreitet. Diese secundäre Aussprossung in unmittelbarer Nähe der Schnalle könnte man ebenfalls auf die in jenem Copulationsprocess gelegene Anregung zurückführen.

Da nun nach den Untersuchungen Hartig's sowohl bei den Hymenomyceten, als beim Merulius die Mycelfäden unmittelbar zur Bildung der Sporen erzeugenden Fruchtträger schreiten, so war es ihm doch trotz vieler Bemühungen nicht möglich, irgend eine Spur vom Sexualprocesse nachzuweisen, der doch der Entstehung eines Sporen erzeugenden Fruchtkörpers vorausgehen sollte. Es ist daher der Gedanke dieses Autors, dass der in der Schnallenbildung zweifellos vorliegende Copulationsprocess eine sexuelle Bedeutung habe, umso mehr berechtigt, als derselbe durch viele andere Thatsachen, auf die wir hier nicht näher eingehen können, bekräftigt wird.

Das ursprünglich farblose Mycel verfärbt sich später gelblich in Folge des Auftretens einer bräunlichgelben Substanz in zahlreichen Hyphen. Oft erscheinen ältere Mycelbildungen (Fig. 11) als ganz gelbe Stränge, während das eintrocknende, fädige Mycel eine fast aschgraue Färbung annimmt. Die strauchartig verästelten Stränge, welche im Holzkörper oder ausserhalb desselben im Boden, in der Füllmasse etc. wuchern, lassen bei sehr vielen Hyphen mächtige, als rundliche oder längliche Körnchen, oder als reguläre Quadratoctaeder und unregelmässige Drusen erscheinende Ausscheidungen von oxalsaurem Kalk erkennen. Es würde zuweit führen, auf den wissenschaftlich sehr interessanten anatomischen Bau der feineren und gröberen, im Erdboden oder zwischen Steinen und in den Fugen des Mauerwerks sich verbreitenden Stränge einzugehen, es sei nur so viel bemerkt, dass sich in demselben nach Hartig's classischen Untersuchungen weitlumige mächtige Organe finden, die reich an Protoplasma, Krystallen von oxalsaurem Kalk und Oeltropfen als isolirte Gefässe oder gefässartige Organe zu betrachten sind, welche aus dem ernährenden Holze reiche Nahrung dem wachsenden Mycel oder den Fruchtträgern zuführen. Einzelne derselben enthalten eine stark lichtbrechende gerbstoffhaltige Substanz, den Träger des charakteristischen Bitterstoffes.

Ausser diesen gefässartigen weitlumigen Hyphen finden sich noch andere sclerenchymatische, langgestreckte, schnallenlose Organe mit sehr engem Lumen, deren dicke Wandung in mit Chlorzinkjodid

behandelten Präparaten dunkelblau gefärbt erscheint und die offenbar dazu dienen, den Strängen, welche oft von Kellergewölben u. dgl. weit herab frei hängen, eine gewisse Festigkeit zu verleihen und das allzu rasche Vertrocknen in temporären Trockenperioden zu verhüten. Das Mycel des Hausschwammes ist nämlich so empfindlich gegen Austrocknen, dass es in Luft mit mittlerem Wassergehalt schon nach 10 Minuten zusammenfällt und abstirbt. Die Stränge dagegen erhalten sich auch in längeren Trockenperioden am Leben und entwickeln in feuchter Luft wieder neues fädiges Mycel.

Die Fruchtträger des Hausschwammes zeichnen sich weder durch besondere Form noch durch ihre Grösse aus, sie entwickeln sich auf dem kräftigen, flockigen Mycel (Taf. II, Fig. 1), wenn dieses einer, wenn auch sehr geringen Lichteinwirkung ausgesetzt ist. Wenn also aus den Fussbodenfugen, aus einer Mauerritze oder Holztäfelungen, namentlich aber aus Ritzen zwischen den Fussboden und der sogenannten Scheuerleiste, kräftiges Mycel hervortritt, so nimmt dasselbe alsbald eine kreidige Beschaffenheit an (Fig. 2 unten). Bald sind es grössere Flächen, die sich gleichzeitig in Fruchtträger umwandeln, bald kleinere, welche dann später zu einer gemeinsamen zusammenfliessen. Diese anfangs kreidigen Flächen nehmen dann eine etwas röthliche und bald eine bräunlichgelbe Farbe an und es erheben sich wurmförmig gekrümmte Falten über das gemeinsame Niveau, wie dies die Fig. 2 u. 3 darstellen. Der Rand der meist tellerförmig ausgebreiteten Fruchtträger bleibt immer steril, weiss oder etwas röthlich gefärbt und scheidet in feuchter Luft in ganz gleicher Weise Thränen aus wie das Mycel. Die Fruchtteller erreichen oft eine Grösse von 1 Meter im Durchmesser.

Die Hauptmasse der Fruchtträger besteht aus sich vielfach durchkreuzenden, meist farblosen und vereinzelten gelben Hyphen, die sich bezüglich der Schnallenzellbildung, Aussprossung der Schnallen u. s. w. wie jene des sterilen Mycels verhalten. Bei ganz jungen Fruchtträgern, deren Entstehung durch das Auftreten der kreidigen Beschaffenheit des Polsters angedeutet wird, schwellen die in der Oberfläche des letzteren endigenden Mycelhyphen an der Spitze keulenförmig an und wandeln sich zu den die Hymenialschicht bildenden Basidien um. Diese stehen pallisadenförmig und rechtwinkelig zur Oberfläche und beginnen an ihrer Spitze die Bildung der Sporen. Zu gleicher Zeit geht eine Verdichtung des unter der Basidienschicht befindlichen Hyphengeflechtes vor sich, so dass alle Lufträume verdrängt werden und, in Folge der Quellung der Wandungen der Hyphen, die zarten, das Lumen der Hyphen begrenzenden Zellhäute, wie in einer gemeinsamen Gallerte zu liegen scheinen (Fig. 6 unten). Die Basidien

nehmen an diesen Process nicht Theil und stehen vielmehr frei auf dieser Gallertsubstanz.

An den langen, keulenförmigen Basidien vollzieht sich die Entstehung der Sporen in folgender Weise: Auf dem dicken oberen Ende der Basidie bilden sich meist 4, selten weniger Auswüchse, Sterigmen, welche sich an ihrer Basis breit, nach oben hin fein zuspitzen und sich dann an der Spitze knopfförmig verdicken. Erst auf diesem Knöpfchen bildet sich die junge Spore (Taf. II, Fig. 8). Im fertigen, aber noch unreifen Zustande (Fig. 9) ist die Zellwand der Spore zart und farblos, das Protoplasma gekörnelt und das kleine Knöpfchen ist jetzt noch deutlich zu sehen. Im reifen Zustand (Fig. 10) ist die Zellwand bräunlichgelb gefärbt, derb und an der Basis mit einem sehr feinen Kanälchen, der Keimpore, versehen, welche durch das farblose Knöpfchen des Sterigma verschlossen wird. Dieses Knöpfchen bleibt auch beim Abfallen der Spore an derselben sitzen.

Die Grösse und Beschaffenheit der Sporen wurden bereits oben S. 307 beschrieben.

Nach Ablauf der Sporenbildung stirbt der Fruchtträger ab und verfault meist unter gleichzeitiger massenhafter Schimmelpilzentwickelung. Im Gegensatz zu dem gesunden Mycel und den lebenden Fruchtträgern, welche einen äusserst angenehmen Geruch besitzen, entwickelt diese faulende Masse höchst penetrant und widerwärtig riechende Gase. —

2. Die chemische Beschaffenheit des Hausschwammes.

Poleck und Thümmel haben chemische Untersuchungen über die einzelnen Bestandtheile des Hausschwammes ausgeführt, worüber dieselben etwa Folgendes berichten: Der Hausschwamm ist wie alle Pilze sehr wasserreich. Der Wassergehalt verschiedener Proben des Pilzes schwankte zwischen 48 und 68,4 Proc. Die bei 100° C. getrocknete Pilzmasse enthielt 4,9 Proc. Stickstoff, 15,2 Proc. Fett, meist Glyceride, ausserdem mehrere Säuren, einen Bitterstoff und einen alkaloidartigen Körper, welcher mit Phosphormolybdänsäure und Jodlösung Niederschläge gibt.

Es ist nicht zu erwarten, dass durch weiter fortgesetzte chemische Untersuchungen für die Erklärung der Wirkung des Hausschwammes und für die Beseitigung desselben mehr gewonnen wird, als bisher.

Die chemische Untersuchung der Asche verschiedener Theile des Hausschwammes ergab folgenden Procentgehalt an einzelnen Bestandtheilen:

	Asche	In aq. lösliche Salze	Kalium-phosphat	Chlor-kalium	Kalium-sulfat	Kalium-carbonat	Natrium
1. Pilzmycel von dem durch den Pilz zerstörten Holz eines Thürfutters (der Schwamm hatte Fruchtträger gebildet)	8,32	79,4	45,6	9,3	17,8	1,6	1,0
2. Grosses reifes Sporenlager . .	9,66	88,6	74,7	3,3	5,7		
3. Faseriges Mycel von der unteren Seite eines Holzstückes . . .	6,33	17,4	4,5		10,5		

Die in Wasser unlöslichen Salze von Nr. 1 bestanden aus 6,7 Proc. Calcium und 7,9 Proc. Eisenphosphat. Bei Nr. 2 enthielt der in Wasser unlösliche Rückstand nur Kieselsäure und Eisenoxyd, keine Phosphate und keine Spur von Calciumcarbonat. Der unlösliche Rückstand bestand bei Nr. 3 aus 24,2 Proc. Calciumphosphat, 50,3 Proc. Proc. Eisenphosphat, sehr geringen Mengen von Calciumcarbonat und 3,5 Proc. Kieselsäure.

Es ist sehr bemerkenswerth, dass in dem unfruchtbaren, faserigen Mycel fast nur unlösliche Phosphate aufgespeichert sind, während diese in dem an Fruchtträgern reichen Mycel fehlen, dafür aber enorme Quantitäten von löslichen Kaliumphosphaten vorhanden sind.

Der fructificirende Merulius übertrifft in seinem Kaliumgehalt fast alle anderen Pilze.

Poleck hat auch die Relationen zwischen den Aschenbestandtheilen des gesunden und des vom Schwamm inficirten und zerstörten Coniferenholzes und jenen des Hausschwammes festgestellt.

Sowohl in der Asche des gesunden, wie in jener des durch den Schwamm inficirten und theilweise zerstörten Holzes, war die Phosphorsäure nur in unlöslicher Verbindung, als Calciumphosphat enthalten, während in den Fruchtträgern nur lösliches Kaliumphosphat und in dem unfruchtbaren Mycel Phosphorsäure hauptsächlich in Form von unlöslichen Phosphaten vorhanden ist.

Es ist erklärlich, dass der Aschegehalt zersetzten Holzes immer grösser ist, als der des gesunden Holzes, da ja die organischen Bestandtheile weit schneller quantitativ abnehmen als die Aschenbestandtheile. Will man ein klares Bild über die durch die Pilzentwickelung verursachte Veränderung im Aschengehalt des Holzes erlangen, dann muss man ein bestimmtes Volumen des gesunden Holzes mit dem gleichen Volumen des zerstörten Holzes vor Beginn des Zerstörungsprocesses vergleichen. Ein solcher von Hartig ausgeführter Versuch ergab, dass in 100 Grm. Trockensubstanz bei gesundem Holz 0,33 Grm.

Asche, in vom Hausschwamm stark zerstörtem Holze 0,734 Grm. Asche sich befand. Legt man jedoch gleiche Anfangs-Volumina zu Grunde, so stellt sich die Berechnung für 100 Cbcm. gesunden, trockenen Holzes auf 0,1254 Grm. Asche. Wird dieses Holzvolumen durch den Hausschwamm zerstört, so enthält es 0,1205 Grm. Asche, ein Unterschied, der so klein ist, dass er noch in das Bereich der Untersuchungsfehler fällt.

Lebensbedingungen des Hausschwammes.

Die Kenntniss der Lebensbedingungen des Hausschwammes ist nothwendig, weil sich auf die in dieser Beziehung festgestellten Thatsachen die Mittel zur Bekämpfung desselben gründen müssen.

Von grosser Bedeutung in prophylaktischer Beziehung ist die Ermittelung der Bedingungen, bei welchen die Sporen des Hausschwammes unter natürlichen Verhältnissen zur Keimung gelangen. Im Gegensatz zu SORÖKIN konnte HARTIG feststellen, dass die Keimung weder im Wasser, noch in Fruchtsäften, in Gelatine, oder in combinirten Nährsubstraten (Zusatz von Coniferin, Tannin etc. zu den ersteren) erfolgt.

Bei Culturversuchen mit Urin fand HARTIG, dass die Keimung der Hausschwammsporen durch die Gegenwart von Ammoniaksalzen sehr begünstigt wird.

Bei Zusatz von phosphorsaurem Ammoniak zu Fruchtsaftgelatine trat Sporenkeimung ein, während dieselbe vor diesem Zusatz in dem gleichen Nährmedium nicht zu beobachten war. Deshalb gedeiht nach HARTIG der Hausschwamm so gut in Aborten, im Fehlboden u.s.w., kurz überall wo Urin in das Holzwerk eindringt; und da kohlensaures Kali in gleicher Weise die Keimung ermöglicht, so ist dadurch die Wachsthumsbefördernde Wirkung der Steinkohlenlösche in den Zwischendecken genügend erklärt.

Wahrscheinlich bewirken diese Alkalisalze eine Quellung und Erweichung der Substanz des Knöpfchens vor der Keimpore, wodurch erst das Hervortreten des Keimschlauches möglich wird.

Ueber die Zeit, innerhalb welcher die Hausschwammsporen ihre Keimfähigkeit behalten, ist noch nichts Sicheres bekannt. HARTIG glaubt, dass dieselben unter geeigneten Bedingungen (Feuchtigkeit u.s.w.) Jahre lang keimfähig bleiben, während in trockener Zimmerluft die Keimfähigkeit thatsächlich bald verloren geht.

Einfluss des Lichtes auf die Entwickelung des Hausschwammes.

Die Anschauung, dass sich der Hausschwamm nur im Dunkeln entwickele, ist ebenfalls durch HARTIG als unrichtig erwiesen worden.

Hartig hat bei seinen Culturversuchen auch bei beständiger Belichtung üppige Mycelentwickelung beobachtet. Dass übrigens sehr geringe Belichtung genügt, zeigt das Auftreten von Fruchtträgern hinter Schränken und anderen vom Lichte nur selten erreichten Orten.

Einfluss der Wärme.

Auch über die für die Entwickelung des Hausschwammes günstigste Temperatur fehlen Untersuchungen. Höhere Temperaturen, wie sie im Sommer oder in der Heizperiode in den Wohnräumen vorhanden sind, begünstigen ohne Zweifel die Entwickelung des Merulius. Gegen Frost scheint derselbe sehr empfindlich zu sein. Hartig beobachtete, dass Culturen, die er im geschlossenen Glasgefäss einer Temperatur von 5° C. aussetzte, alsbald zu Grunde gingen. Holzstücke mit kräftigem Mycel, welche je 1 Stunde lang in Wasser von 40, 60, 80 und 100° C. gelegt wurden, blieben steril. Es wäre höchst merkwürdig, wenn schon eine Temperatur von 40° C. solche deletäre Wirkungen hätte.

Einfluss der Luft.

Wenn Hartig lebendes Hausschwammmycel in Holz mit Bohrlöchern von 10 Cm. Tiefe brachte, und die Oeffnungen mit Baumwachs verschloss, so trat keine oder nur kurz dauernde Entwickelung ein, das Mycel drang höchstens 1 Cm. tief in das Holz vor, starb stets bald ab und die mit Wasser gefüllten Tracheïden enthielten zahllose Spaltpilze, welche sich auf Kosten der abgestorbenen, Protoplasma-führenden Pilzhyphen entwickelten.

Luftzutritt ist für die Entwickelung des Hausschwammes nicht nur nöthig, sondern sogar sehr günstig. Dagegen wirkt ein trockener, lebhafter Luftzug sehr nachtheilig auf die Pilzentwickelung, weil durch denselben dem zarten Mycel Wasser entzogen und die Vertrocknung desselben verursacht wird. Es gibt kaum ein besseres Verhinderungsmittel der Hausschwammentwickelung, als die Einwirkung eines trockenen Luftzuges auf die gefährdeten Holztheile. Mit Wasserdampf gesättigte Luft übt dagegen auch bei starker Bewegung keine ungünstige Wirkung auf die Entwickelung aus.

Einwirkung der Feuchtigkeit.

Wie für alle Pilze, so ist auch für den Hausschwamm das Wasser resp. die Feuchtigkeit eine der wichtigsten Lebensbedingungen. Es wurde übrigens schon erwähnt, dass die Stränge durch die sclerenchymatischen, langgestreckten Organe auch in längeren Trockenperioden vor dem Vertrocknen geschützt werden. Auch die Frucht-

träger sind relativ unempfindlich gegen Trockenheit, theils in Folge morphologischer Eigenthümlichkeiten, theils deshalb, weil ihnen aus dem vegetativen Theil des Pilzes reichlich Wasser zugeführt wird.

Die Sporen ertragen ebenfalls längere Trockenperioden, während das zarte, flockige Mycelium äusserst empfindlich ist, so dass künstliche Kulturen schon in wenig Minuten zu Grunde gehen, wenn ihnen ausser dem mittleren Wassergehalt der Luft keine Feuchtigkeit zur Verfügung steht.

Ganz anders verhält sich selbstverständlich das Mycel im Innern des Holzes; hier kommt es auf den Feuchtigkeitsgehalt des Holzstückes, die Grösse desselben und auf den Grad der stattgehabten Veränderungen an. Je intensiver die Bewegung der Luft, je geringer ihr Feuchtigkeitsgehalt und je höher ihre Temperatur ist, um so rascher geht natürlich die Vertrocknung vor sich.

35 Ccm. grosse Holzstücke, die in der einen Hälfte schon zerstört, in der anderen scheinbar gesund, aber von Hausschwammmycel durchwuchert waren und die 27,2 Grm. Wasser auf 100 Ccm. Volumen führten, zeigten nach Hartig's Angaben im trockenen, geheizten Zimmer aufbewahrt, schon nach 2 Tagen kein lebendes Mycel mehr, obgleich sie zu dieser Zeit noch 13 Proc. Wasser enthielten. Dagegen zeigten Holzstücke, welche im feuchten Vegetationshause bei 10° C. sich befanden, noch nach 8 Tagen lebensfähiges Mycel, obgleich der Wassergehalt des Holzes nur noch etwa 10 Proc. betrug. Die Wirkung der Austrocknung auf das Mycel ist also sehr verschieden, je nachdem dieselbe sehr rasch oder langsam von Statten geht.

Aus diesen systematischen Untersuchungen von Hartig erhalten wir wichtige, praktisch verwerthbare Aufschlüsse über die Möglichkeit der Infection bei Holz von bestimmtem Feuchtigkeitsgehalt. Lufttrockenes Kieferholz kann vom Hausschwamm nicht angegriffen werden, wenn es in Luft von gewöhnlichem Wassergehalt sich befindet. Dagegen ist die Invasion und Verbreitung des Merulius im Holze möglich, wenn es in feuchter Kellerluft liegt, weil sich dasselbe alsdann bald mit Feuchtigkeit sättigt. Hygroskopisch gesättigtes Kiefernholz enthält 14,8 Proc. Wasser und die Substanz der Holzelemente vermag dann kein Wasser mehr aus der Luft aufzunehmen, wenn diese das Sättigungsmaxium bei 15° C. erreicht hat.

Völlig lufttrockene Fichten- und Kiefernholzstücke, welche in einem irdenen, nicht glasirten Topfe mit krankem, vom Mycel überwucherten Holz in Berührung gebracht wurden, waren bald auf der Oberfläche von Mycel bedeckt und so stark angegriffen, dass sie einen Substanzverlust von 10 Proc. zeigten. Der Wassergehalt dieser

Holzstücke betrug 13,2 Proc., also etwas weniger als der völligen Sättigung (14,8 Proc.) entspricht. Da die Holzstücke nur äusserlich angegriffen waren, so beweist dies, dass der Wassergehalt von 13 Proc. noch nicht ausreichte, um das Eindringen des Mycels zu ermöglichen, und dass dieses nur langsam durch Zufuhr von Wasser sich den Weg nach innen zu bahnen vermag. Das Austreten flüssigen Wassers (Thränen) aus dem Mycel beweist die Fähigkeit des Hausschwammes, Wasser zu transportiren und an die Umgebung abzugeben.

Die Fähigkeit des Hausschwammmycels viel Wasser zu transportiren und dadurch Holz und Mauerwerk auf weite Strecken hin zu durchnässen, macht sich in so höherem Grade bemerklich, je mehr dem Pilz die Möglichkeit gegeben ist, torpfbar-flüssiges Wasser direct aus der Umgebung, aus nassen Fehlboden-Füllungen, aus Mauerwerk u.s.w. aufzunehmen. Ist dagegen nur die Luft feucht, das Holzwerk aber und dessen Umgebung trocken, so geht die Zerstörung sehr langsam voran und hört auf, wenn die Luft trocken wird. Bleibt die Luft feucht und liegt das Holzwerk auf Füllmassen, die, wie es oft vorkommt, in Folge ihrer niederen Temperatur Wasser aus der durch die Zwischendecken massenhaft emporsteigenden Luft condensiren, so schreitet der Process gleichmässig fort.

Die grosse praktische Bedeutung der Frage, wie sich das im Safte (Juni) gefällte Sommerholz und das im Winter (Dezember) gefällte Holz zu den Angriffen des Hausschwammes verhält, veranlasste Hartig, eine grosse Reihe von Versuchen auszuführen, deren Resultat war, dass der durch die Hausschwamminvasion bedingte Substanzverlust der Fichte beim nassen Winterholz 23,1 Proc., beim nassen Sommerholz 23,3 Proc. beträgt, somit bei beiden ganz gleich ist.

Auch beim Kiefernholz ist der Unterschied ein so unbedeutender (13,6 Proc. am nassen Winterholz und 10,6 Proc. am nassen Sommerholz), dass man berechtigt ist, *eine Verschiedenheit des im Safte gefällten Sommerholzes und des im Winter gefällten Holzes in Bezug auf die Zerstörbarkeit durch Hausschwamm zu verneinen.*

Wie werthvoll diese von Hartig gegebenen Aufschlüsse sind, zeigt die Thatsache, dass unter den Bautechnikern allgemein die Anschauung verbreitet war, dass die in der Neuzeit so gewaltig in Zunahme begriffene Hausschwammcalamität durch die Benutzung im Safte geschlagenen Holzes verursacht werde. Es ist dies eine jener bequemen Aufstellungen, durch die sich der Experte in streitigen Fällen jeder eingehenden Untersuchung über die Ursache der Merulius-Invasion entledigt. Die gleiche praktische Bedeutung hat die zweite

Frage, welche Hartig durch experimentelle Untersuchungen entschieden hat: Wie verhält sich das nasse frische Holz zum lufttrockenen Holze, wenn beide in feuchter Luft und relativ feuchter Füllmasse sich befinden. Trockenes Holz in trockener Lage ist ja, wie erwähnt, unangreifbar, aber unter den erwähnten Verhältnissen (feuchte Luft und feuchte Füllung) wurde das trockene Fichten-Winterholz nur halb so stark angegriffen, wie das nasse. Das letztere zeigte einen Substanzverlust von 23,1 Proc. gegen nur 11,0 Proc. des ersteren, wobei zu berechnen ist, dass bei trockenem Fichten- und Kiefernholz zunächst nur die äusseren Schichten angegriffen werden und der Process langsam nach Innen fortschreitet, während bei nassem Holz das Mycel sofort die ganze Holzmasse durchwuchert.

Auffallender Weise konnte bei der Kiefer kein Unterschied zwischen nassem und trockenem Holze constatirt werden. Daraus darf man aber nicht schliessen, dass Kiefernholz auch in nassem Zustand beim Baue Verwendung finden kann, denn bei nassem Holz ist die Invasion möglich, bei trockenem, in trockener Lage aber nicht. Es kommt also sehr darauf an, beim Baue nur trockenes Holz zu verwenden.

Wenn in einem Referate über die Arbeiten Hartig's bemerkt wurde, dass die zuletzt erörterten Fragen für den Hygieniker kein Interesse haben, so muss dem entschieden widersprochen werden, da Sanitätsbeamte, welche über Hausschwammfragen ein Urtheil abgeben sollen, über die gesammte bis jetzt erforschte Biologie des Pilzes orientirt sein müssen, zumal die biologischen Untersuchungen Hartig's sich ohne dies nur auf praktisch wichtige Fragen beschränken. Auch über die Unterschiede, welche zwischen den beiden Hauptbauholzarten, der Fichte und der Kiefer einestheils, und des Splint- und Kernholzes anderntheils in Bezug auf die Schnelligkeit der Zerstörung bestehen, geben Hartig's Untersuchungen ziffermässigen Aufschluss.

Weitaus den geringsten Substanzverlust (nur 5,6 bis 7,2 Proz.) erleidet das Kernholz der Kiefer. Der Grund hiervon liegt in dem reichen Harzgehalt und in der Armuth an stickstoffhaltigem Zellinhalt. Beim Splintholz der Kiefer dagegen geht die Zerstörung in gleichem Maasse von statten, wie bei dem Splintholz der Fichte, wie die Durchschnittszahlen von 3 Versuchsreihen angeben: Bei dem Kiefersplintholz war der Substanzverlust:

$$\frac{16,6 + 16,4 + 14,9}{3} = 16,0,$$

beim Fichtensplint fast genau ebensoviel:

$$\frac{9,8 + 14,9 + 22,0}{3} = 15,6.$$

Ganz unerklärlich ist die Thatsache, dass bei der **Kiefer** Fällungszeit und Wassergehalt ohne Einfluss sind, während sich das trockene Fichten-Winterholz weitaus günstiger verhält, als das nasse Winterholz oder gar das nasse Sommerholz. Auch bleibt noch die bemerkenswerthe Thatsache zu erklären, dass bei der Fichte das sogenannte Reifholz d. h. das wasserarme, ältere Holz weit mehr vom Hausschwamm angegriffen und zerstört wird, als das Splintholz. Dieses Verhalten ist also das gerade entgegengesetzte von dem des Kiefernholzes.

Fig. 130.



Vielleicht liegt die Ursache in dem Hervorquellen des Terpentinöls und Harzes über die Schnittfläche des Fichtensplintes, während das Reifholz eine Bewegung des Harzes nicht mehr gestattet. Dieser Harzüberzug muss einen gewissen Schutz gegen die Invasion von Pilzen bieten.

Von grossem, praktischem Werthe sind endlich die Untersuchungen Hartig's **über den Einfluss des Füllmaterials auf die Entwickelung des Hausschwammes und auf die Zersetzung des Holzes.**

Da das Mycel des Hausschwammes das Zwischendecken-Füllmaterial durchwuchert, so könnte es aus demselben Nährmaterial in reichem Maasse beziehen.

In der nachfolgenden Tabelle ist der durchschnittliche Substanzverlust der 6 Holzstücke bei verschiedenem Füllmaterial und der Wassergehalt des letzteren zusammengestellt.

Aus dem Vergleich dieser Zahlen ergibt sich, dass bei Kies, gypshaltigem Sand, Steinkohlen-Lösche und Aushub der Substanzverlust dem Wassergehalt der Füllstoffe entspricht. Der Sand verhält sich etwas ungünstiger, als man nach dem Wassergehalt erwarten sollte. Ungemein günstig verhält sich der Urbau. Derselbe hat in feuchter Luft den grössten Wassergehalt und trotzdem ist die Hausschwammentwickelung in demselben ziemlich schwach und der dadurch

Füllmaterial	Substanzverlust	Wassergehalt pro 100 Ccm.
1. Gewachsener Kies	10,2 Proc.	0,78 Grm.
2. Gypshaltiger Sand	11,9 =	2,87 =
3. Urban	12,1 =	12,07 =
4. Lösche	17,2 =	5,97 =
5. Sand	18,4 =	4,12 =
6. Aushub	20,4 =	11,73 =
7. Steinkohlengrus (feuchte, stagnirende Luft)	26,9 =	6,54 =

bedingte Substanzverlust relativ gering. Dies liegt wohl daran, dass im vorliegenden Fall der dem Urbau stets reichlich beigemischte Mörtel noch viel Aetzkalk enthielt, so dass das Kalkwasser seine bekannte stark desinficirende Wirkung entfaltete. Andere Proben mit beigemengtem, alten Mörtel, in welchem der Aetzkalk in kohlensauren Kalk verwandelt ist, werden sich ganz anders verhalten und eine üppige Entwickelung ermöglichen. Sehr auffallend, aber ganz mit der Erfahrung der Bautechniker übereinstimmend, ist das höchst ungünstige Verhalten des feinen Steinkohlengruses, welcher die Hausschwammentwickelung ungemein befördert. Trotzdem derselbe nur mittlere Wassermengen aus feuchter Luft aufzunehmen vermag, hatten die Holzstücke weitaus am meisten gelitten und die Füllung war allseitig und am meisten durchwachsen.

Wenn auch bei vielen Füllmaterialien die Wasseraufnahmefähigkeit die In- und Extensität der Hausschwammentwickelung zu bedingen scheint, so ist doch auch der Einfluss der chemischen Zusammensetzung unverkennbar.

Die Nahrung des Hausschwammes.

Hartig hat zweifellos nachgewiesen, dass der Hausschwamm seine gesammte Nahrung aus dem Holze beziehen kann, dass er also insbesondere nicht auf die Aufnahme von Nahrungsstoffen aus dem Mauerwerk, den Füllungen u. s. w. angewiesen ist.

Die Culturen des Merulius in Holzstücken, bei denen die Aufnahme von Nahrungsstoffen aus anderen Medien absolut ausgeschlossen war, gediehen ebenso üppig als andere, bei welchen das Mycel Materialien durchwucherte, welche reich an den verschiedenartigsten mineralischen Stoffen waren.

Beim Nadelholze, welches ja gewöhnlich bei Hausschwamminvasionen in Betracht kommt, enthalten nur wenige Zellen, die Markstrahlzellen und das den Harzkanälen benachbarte Parenchym, Protoplasma, also auch Eiweissstoffe.

Im Uebrigen besteht der Holzkörper aus verholzten Wandungen, welche nichts als Wasser und Luft umschliessen. Das Kernholz der Kiefer und Lärche, sowie das sogenannte Reifholz der Fichte und Tanne enthalten nur Luft und kein Wasser im Innenraum der Organe, während dagegen die Wandungen noch sehr viel Imbibitionswasser besitzen. Das Wasser enthält Spuren von Zucker und Spuren von anorganischen Salzen. Die Wandung besteht aus Cellulose, Coniferin, Holzgummi und enthält anorganische Stoffe, namentlich Kali und Kieselsäure.

Die Ueppigkeit der Hausschwammentwickelung hängt nun offenbar von der vorhandenen Menge von Eiweissstoffen in den Zellen der Markstrahlen u. s. w. ab, welche der Pilz vor Allem zur Bildung von neuem Pilzplasma braucht. Man sieht sofort nach dem Eindringen der Pilzhyphen in den Holzkörper, dass sich der Inhalt der Protoplasma-haltigen Zellen bräunt, indem die Pilzhyphen daraus die für ihre eigene Plasmabildung nöthigen Stoffe: Stickstoff, Schwefel, Kali, Phosphorsäure u. s. w. entnehmen, was die Vernichtung der Plasma-führenden Markstrahlzellen u. s. w., welche schliesslich völlig leer erscheinen, zur Folge hat. Mit diesem Protoplasma muss der Pilz bei dem geringen Eiweissgehalt des Holzes sehr öconomisch verfahren, da derselbe aus den älteren Pilzhyphen das Protoplasma nach der wandernden Spitze transportiren muss.

Aus den Wandungen bezieht das Hausschwammmycel geringe Mengen von Aschebestandtheilen, wie schon aus den Excretionen von oxalsaurem Kalk an den Pilzfäden hervorgeht.

In sehr stark zersetztem Hausschwammholz betrug nach Hartig's Bestimmungen der Gesammtaschenverlust nur 20 Proc.

Der Hausschwamm verwerthet mit grosser Vorliebe das Coniferin zu seiner Ernährung und diese, ebenfalls von Hartig gefundene Thatsache lässt sich zur Entscheidung einer Frage verwerthen, die sehr oft auftaucht, ob nämlich die Zerstörung von Holzwerk durch den Hausschwamm bedingt ist oder nicht.

Als Reagens auf Coniferin benützt man bekanntlich Phenolsalzsäure. Betupft man damit feine Schnitte des Holzes und setzt sie darnach dem Sonnenlichte aus, so färben sich diese je nach dem Gehalte an Coniferin schneller oder weniger schnell und mehr oder weniger intensiv blaugrün.

Ein vom Hausschwamm kürzere oder längere Zeit ergriffenes Holz zeigt eine um so schwächere Reaction, je weiter die Zersetzung vorgeschritten ist, und bei einem bestimmten Grade der Zerstörung erhält man keine Reaction mehr.

Nach den Untersuchungen HARTIGS scheint die Zerstörbarkeit des Holzes hauptsächlich vom Coniferingehalt abzuhängen.

Dagegen scheint Tannin keine Verwerthung bei der Ernährung des Pilzes zu finden. Aber gerade desshalb ist auch die Tanninreaction zum Nachweis des Hausschwammes brauchbar. Während nämlich gesunde Nadelholzschnitte bei Behandlung mit Eisenchlorid, erst nach Stunden eine deutliche Schwarzfärbung zeigen, tritt diese bei einem vom Hausschwamm hochgradig zerstörten Holz sofort ein, der Schnitt färbt sich tiefschwarz.

Der Holzgummi ist für den Hausschwamm ebenfalls kein Nahrungstoff. Phloroglucin und Salzsäure färben auch hochgradig zersetztes Holz intensiv und charakteristisch roth. Es ist aber möglich, dass ein Theil des Holzgummi in Zucker umgewandelt wird, da man beim Kochen stark zersetzten Holzes in Wasser auf Zusatz von FEHLING'scher Lösung einen starken Niederschlag erhält. Vielleicht rührt dieser Niederschlag auch daher, dass Zucker vom Hausschwamm überhaupt nicht aufgenommen wird.

Cellulose scheint ein wesentlicher Nahrungsstoff des Hausschwammes zu sein.

Von Aschebestandtheilen wird in grösserer Menge Kalk aus den Wandungen der Holzelemente aufgenommen und später wieder an den Pilzfäden im Innern des Holzes oder ausserhalb desselben an Strängen und Pilzhäuten krystallinisch ausgeschieden.

Alle Versuche kleinere Mycelhaltige Holzstücke durch Zuführung von Coniferin, Zucker, Kaliumphosphat, Pepton u. s. w. zur kräftigeren Pilzentwickelung zu bringen, ergaben negative Resultate. Bei Zuführung von reinem Wasser war die Entwickelung ebenso üppig. Von unmittelbarem Nutzen ist die Entscheidung der Frage, ob der Hausschwamm sich auch ohne Holz, lediglich auf Humus, Mauerwerk u. dergl. zu ernähren vermag.

HARTIG liess Hausschwamm vom Holze aus in und auf humusreichem Boden wachsen und schnitt dann die Verbindung mit dem Holze ab. Der Pilz vegetirte noch einige Zeit lang ganz üppig, ging aber dann ein, was zu beweisen schien, dass der Pilz sich nur so lange fortentwickelt, als ihm aus den älteren, noch mit Plasmavorrath vom Holze her versorgten Pilzsträngen der Spitze, Protoplasma zugeführt wird.

Die Entwickelung des Hausschwammes kann also, wie die obigen Thatsachen zeigen, nur mit Hülfe von Holzbestandtheilen vor sich gehen und die etwaige Aufnahme von organischen und unorganischen Bestandtheilen aus Boden, Füllungen, Mauerwerk u. s. w. hat nur untergeordnete Bedeutung.

Die Veränderungen des Holzes durch den Hausschwamm.

Sehr eigenthümlich ist die Art und Weise wie die Aschenbestandtheile aus der Wandung aufgenommen werden. Bei der Untersuchung ergiebt sich, dass die im gesunden Holze völlig glashellen, durchsichtigen Wandungen bei stark zerstörtem Holze sehr fein gekörnelt erscheinen, und diese Körnelung nur an den Stellen fehlt, wo zuvor Pilzhyphen der Wandung dicht angelegen haben. Man kann daher den Verlauf und die Verästelung von Pilzhyphen, die längst zerstört sind, an dem Fehlen dieser Körnelung deutlich erkennen. Diese Körnelung rührt, wie Hartig zeigte, von der Ablagerung der Aschenbestandtheile in der Wandung der Holzzellen her, namentlich ist es krystallinischer oxalsaurer Kalk, dessen Ablagerung in Körnchenform stattfindet.

Die Pilzhyphe vermag die Aschenbestandtheile nur durch unmittelbaren Contact aufzunehmen und wie eine geschliffene Marmorplatte, wenn sie auf den Grund eines Blumentopfes gelegt wird, später den Verlauf der Wurzelfäden durch Auflösung von Kalktheilchen erkennen lässt, so giebt die Wandung der Holzzelle durch Auflösung der an der Oberfläche gelegenen Aschentheilchen die Stellen zu erkennen, in denen Pilzhyphen ihr angelegen haben.

In ganz anderer Weise geht die Aufnahme der organischen Nährstoffe vor sich. Dieselbe erfolgt, wie schon früher erwähnt, dadurch, dass ein von der lebenden Pilzhyphe ausgeschiedenes Ferment die Substanz der Wandungen weithin durchdringt und Coniferin, Cellulose u. s. w. auflöst und für das Pilzmycel assimilirbar macht.

Für die Entscheidung praktischer Fragen, namentlich wenn es sich darum handelt festzustellen, ob eine Holzzerstörung durch Hausschwamm bedingt ist, sind zunächst die physikalischen Veränderungen des Holzes, namentlich die Farbveränderung in Betracht zu ziehen. In Folge der Bräunung des Zellinhaltes, welche sich später der ganzen Wandsubstanz mittheilt, nimmt das vom Hausschwamm ergriffene Holz eine gelblich-braune Färbung an Fig. 130, S. 321. Der Bräunung geht ein Substanzverlust voraus, welcher sich so lange fortsetzt als der Zerstörungsprocess möglich, d. h. die Cellulose und Stickstoffnahrung u. s. w. verbraucht ist. 100 Raumtheile gesunden, frischen Holzes sind im zerstörten Zustande nur noch 75 Raumtheile und 100 Grm. Trockensubstanz des gesunden Holzes geben nur noch 43,2 Grm. nach der Hausschwamminvasion.

HARTIG beobachtete einen Substanzverlust bis zu 68,5 Proc.

So lange das Holz reichlich Wasser enthält, tritt dasselbe stets an Stelle der aufgelösten und resorbirten Substanztheilchen und in Folge dessen ist eine Volumverminderung in dieser Zeit nicht bemerkbar. In auffallendem Maasse tritt das Schwinden erst beim Trockenwerden des Holzes hervor. Dasselbe ist verursacht durch eine Verdünnung der Zellwände. Sehr charakteristisch ist die Rissbildung im Holze, durch welche dasselbe oft in grössere und kleinere Würfel zerlegt wird (Fig. 130, S. 321). Da die Auflösung der organischen Stoffe im Holze durch die ganze Wand in gleicher Weise erfolgt, so schwindet das zerstörte Holz nach allen Richtungen des Raumes ziemlich gleichmässig. Gesundes Holz dagegen schwindet beim Austrocknen bekanntlich sehr wenig in der Längsrichtung, sondern hauptsächlich in tangentialer und radialer Richtung, ein Umstand, welcher in der prismatischen Form der Micelle, d. h. der kleinsten Theile der Wandsubstanz begründet sein dürfte.

Wenn nun, wie es oft vorkommt, eine Fussbodendiele auf der einen (unteren) Seite vom Hausschwamm befallen und zerstört wird, auf der anderen (oberen) der austrocknenden Wirkung der Luft ausgesetzten dagegen gesund bleibt, so tritt nothwendiger Weise eine Krümmung des Brettes ein; die Dielen wölben sich und ziehen die Nägel aus den meistens ebenfalls zerstörten Balken heraus. Gleichzeitig entstehen weite Fugen zwischen den Brettern, wie sie übrigens auch bei anderweitigen Holzkrankheiten vorkommen.

Die Consistenz des zerstörten Holzes ist ebenfalls sehr verändert und gleicht etwa der von Schweizerkäse. Von solchen noch frischen Holzstücken lassen sich deshalb leicht mikroskopische Schnitte herstellen.

Wird dieses Holz aber trocken, so lässt es sich nicht mehr schneiden, es zerbröckelt vielmehr in kleine Stückchen, lässt sich zwischen den Fingern zu feinem Mehl zerreiben und im Mörser zu feinstem gelblich-braunen Staub zerstossen.

Die Festigkeit des zerstörten Holzes ist selbstverständlich sehr verringert, was schon aus dem Umstand hervorgeht, das solches krankes Holz in Wasser gelegt, sofort grosse Wassermengen aufnimmt, sowohl in das durch die zahlreichen Pilzbohrlöcher vielfach communicirende Lumen der Organe, als auch in die Substanz der Wandungen. Während gesundes Holz erst in 2 Tagen das Quellungsmaximum erreicht, ist dies bei krankem schon nach 24 Stunden der Fall.

Die hohe Bedeutung dieser Thatsache in technischer Beziehung

veranlasste Hartig die Gewichtszunahme, welche einerseits gesundes trockenes und andererseits durch Merulius zerstörtes Holz beim Einlegen in Wasser erleiden, festzustellen.

Ein-tauchungs-Zeitraum	Gesund				Krank			
	Volum	Gewicht	Wasseraufnahme		Volum	Gewicht	Wasseraufnahme	
			im Ganzen	pr. Tag			im Ganzen	pr. Tag
	Ccm.	Grm.	Proc.	Grm.	Ccm.	Grm.	Proc.	Grm.
0	38,5	20,11	—	—	30,5	12,9	—	—
1/4 Stunde	40,0	23,43	16,5	1584	32,0	18,03	39,7	3811
1 Tag	41,0	27,21	35,3	19,0	35,5	30,21	134,2	94,0
2 Tage	41,5	28,44	41,4	6,0	35,5	33,14	156,9	23,0
3 Tage	41,5	29,62	47,3	6,0	35,5	34,41	166,7	10,0
5 Tage	41,5	32,43	61,8	7,0	35,5	35,62	176,1	5,0
13 Tage	41,6	33,92	68,7	1,0	35,8	36,42	182,3	0,1
40 Tage	41,8	40,9	103,3	1,2	36,0	38,46	198,1	0,05
56 Tage	41,9	42,07	109,2	0,36	36,0	38,46	198,1	0

Ausser diesem grossen Imbibitionsvermögen macht es die Eigenschaft des Hausschwammmycels erklärlich, dass Wohnräume, in welchen der Hausschwamm sich verbreitet hat, ganz ausserordentlich feucht werden.

Das Vorhandensein von Hausschwamm ist einerseits ein Beweis für die seine Entwickelung bedingende Feuchtigkeit der Wohnung, andererseits vermehrt er selber diese Feuchtigkeit in hohem Maasse, indem er das Wasseraufsaugungsvermögen des Holzwerkes vermehrt und selber Wasser dorthin transportirt.

Schliesslich ist zu erwähnen, dass die Wandung des vom Pilz zerstörten Holzes das optische Verhalten unter dem Polarisationsmikroskop insofern vollständig ändert, als die Lichtstrahlen beim Durchgang durch die Wand des kranken Holzes in alle Regenbogenfarben aufgelöst werden, während dieselben bei gesundem Holz völlig weiss erscheinen.

A. Wagner hat durch Hausschwamm zerstörtes Holz chemisch untersucht und folgende Zahlen erhalten:

Wassergehalt . . . . . 17,12 Proc.
Aschegehalt . . . . . 14,1 »

Bei 100° C. getrocknetes Holz enthält ferner:

Kohlenstoff . . . . . . 51,16 Proc.
Wasserstoff . . . . . . 4,70 »
Sauertoff und Stickstoffs . 41,24 »
Asche . . . . 2,90 »

Auch diese Zahlen zeigen, dass der Wassergehalt bedeutend erhöht ist. Auch der Aschegehalt ist etwas grösser als bei gesundem

Fichten- und Tannenholz, weil dem Holze im Verhältniss mehr organische Substanz als Aschebestandtheile durch den Hausschwamm entzogen wurden.

Der Wasserstoffgehalt des zerstörten Holzes ist wesentlich geringer als der von gesundem Holz, welches circa 6 Proc. enthält; der Kohlenstoffgehalt ist dagegen merklich höher bei ersterem als bei letzterem.

Der wässerige Auszug des kranken Holzes reagirt stark sauer, was daher rührt, dass bei der Zersetzung der Holzsubstanz eine ziemliche Menge von organischen Säuren gebildet wird.

Die Ursachen der Entstehung des Hausschwammes in Gebäuden.

Das Auftreten des Hausschwammes in Gebäuden ist in den letzten Decennien zweifellos häufiger und ausgedehnter geworden.

Wie bei den menschlichen und thierischen Infectionskrankheiten, so müssen auch bei dieser parasitären Krankheit des Holzes lebende Keime des die Infectionskrankheit verursachenden Pilzes, sowie sämmtliche Lebens- und Entwickelungsbedingungen, wie sie oben ausführlich geschildert wurden, vorhanden sein.

Die Verbreitung des Hausschwammes

kann gegenwärtig, da derselbe nur ganz sporadisch im Walde vorzukommen scheint, nur durch die Verschleppung der Sporen von Haus zu Haus zu Stande kommen. Die Infection von Neubauten mit Hausschwammsporen ist nach Hartig leicht erklärlich, wenn man berücksichtigt, dass nicht selten im Neubaue beschäftigte Zimmerleute beauftragt werden, irgendwo eine durch Hausschwammzerstörung nothwendig gewordene Reparatur auszuführen. Nach Beendigung einer derartigen Arbeit kehren sie in den Neubau zurück und schleppen an den Schuhen, an Kleidungsstücken und Handwerkszeug Tausende oder Millionen von Hausschwammsporen in das neue Haus, wo gerade die günstigste Gelegenheit zur Infection der noch freiliegenden Balken und Holztheile gegeben ist. Da übrigens die Sporen sehr lange keimfähig bleiben, so können durch Kleidung und Handwerkszeug eines Arbeiters, der sich mit Hausschwammreparaturen beschäftigt hat, noch lange Zeit nachher und an weit auseinander gelegenen Orten Infectionen verursacht werden.

Noch viel häufiger aber dürfte die Einschleppung von Hausschwammsporen in neue Gebäude durch Bauschutt, sogenannten Urbau zu Stande kommen. Durch den schon oben scharf getadelten Missbrauch, stets hochgradig verunreinigte Zwischendeckfüllungen alter

Gebäude in Neubauten zur Fehlbodenfüllung zu verwenden, müssen nothwendiger Weise unzählige Sporen in das neue Haus gelangen, wenn das alte in früheren Jahren vom Hausschwamm befallen war. In solchen Fällen findet sich beim Abbruch des Gebäudes nichts mehr vom Hausschwamm vor, als die makroskopisch unsichtbaren Sporen in der Füllung. Auch die Verwendung von altem, noch brauchbarem Holzwerk aus solchen Häusern kann eine Infection des Neubaues zur Folge haben.

Diese häufigen Verschleppungen könnten nur verhütet werden, wenn beim Abbruch alter Gebäude eine gründliche Untersuchung der Parterreräume durch entsprechend geschulte Beamte (Sanitätsbeamte) stattfinden würde, da in den oberen Stockwerken alter Gebäude der Hausschwamm viel seltener zu finden ist. Dringend wünschenswerth wäre auch der Erlass von polizeilichen Vorschriften über die Art der Behandlung, Entfernung und Vernichtung von Holz, welches bei Hausschwammreparaturen abfällt. Wie oft bleibt solches Holzwerk mit den frischen oder trockenen Schwammbildungen tagelang auf dem Hofe oder auf der Strasse vor dem Hause liegen; oder es wird an arme Leute verschenkt, die dasselbe nach Hause nehmen, durch die Strassen schleppen und hierbei, sowie beim Transport auf den Treppen und Stiegen zahllose Sporen ausstreuen, ehe das Holz verbrannt wird.

Der Hausschwamm wird aber thatsächlich auch in zahlreichen Fällen durch sein Mycelium verbreitet, das im Holze verborgen sich bei genügender Feuchtigkeit lebendig erhält, wenn das aussen anhaftende Mycel vertrocknet, oder gar nicht zur Entwickelung gekommen ist.

Hartig hat auf Holzlagerplätzen in München und an anderen Orten ziemlich allgemein die Beobachtung gemacht, dass frisches, gesundes Holz, oft sogar schon beschlagene Balken u. dgl. in einem Haufen zusammen mit solchem alten Holzwerk gelagert war, das vom Abbruch alter Gebäude stammte und nochmals Verwendung finden sollte. Dass hierbei die Infection des gesunden Bauholzes fast unausbleiblich ist, liegt auf der Hand.

Die Entwickelungsbedingungen des Hausschwammes in Gebäuden.

Zum Zustandekommen der Hausschwammvegetation in Gebäuden gehört, wie erwähnt, nicht nur die Einschleppung von Sporen oder Mycel, sondern auch das Vorhandensein der nothwendigen Nährstoffe und anderer Lebensbedingungen,

Die Sporenkeimung kann, wie oben (S. 308) erwähnt, nur

dann erfolgen, wenn geringe Mengen von Alkalien vorhanden sind. Dass diese durch das Uriniren in die Füllungen oder auf das Holzwerk reichlich geliefert werden, wurde ebenfalls schon früher erörtert. Meine diesbezüglichen Wahrnehmungen werden von HARTIG vollkommen bestätigt, „denn thatsächlich“, sagt er, „geschieht die Verunreinigung durch Uriniren u. s. w. bevor die Fussböden gelegt sind, ganz allgemein, wie ich mich oft genug in Neubauten zu überzeugen Gelegenheit hatte.“

Auch die Verwendung von humusreicher, oder andere organische Stoffe enthaltender Füllmasse (Ackererde u. s. w.), sind für die darauf verlegten Fussböden eine grosse Gefahr, da sie nicht blos eine grosse Wasser haltende Kraft besitzen, sondern auch erhebliche Mengen von Ammoniak entwickeln. HARTIG hat weiterhin die Beobachtung gemacht, dass sich der Hausschwamm in vielen Fällen zuerst nahe bei Aborten zu entwickeln begann, von denen aus das benachbarte Holz- und Mauerwerk und öfters auch die Füllungen durch Urin u. s. w. imprägnirt werden. Nach den Angaben eines exacten und geistreichen Beobachters, des Prof. Dr. GUDDEN, trat in der Irrenanstalt in Giesing überall da der Hausschwamm auf, wo in gewissen Krankenzimmern der Urin von Geisteskranken oft auf den Fussboden entleert wurde.

Ganz ausserordentlich häufig tritt der Hausschwamm in Häusern auf, bei welchen die Zwischendecken-Füllung aus Steinkohlenlösche besteht.

Diese Thatsache zeigte sich in München im Verlaufe der Jahre 1880 bis 1886 so evident, dass die Verwendung der Coakesschlacke ortspolizeilich verboten wurde.[1]) FOULDNER beobachtete, dass der Boden eines hölzernen Coakeskastens und der Fussboden, auf dem er stand, genau in der Grösse des Kastens vom Hausschwamm befallen wurde. Auch in Braunschweig hat nach FOULDNER, als in den Jahren 1845 bis 1868 die Coakesschlacke vielfach als Füllmaterial unter den Fussböden verwendet wurde, diese Ausführung fast regelmässig Schwammbildung zur Folge gehabt.

Die Ursache dieser Erscheinung liegt hauptsächlich in der grossen Wasserapacität der Coakesmasse (40 Proc.) und ausserdem in dem Gehalt an kohlensaurem Kali, welcher, wie erwähnt, die Sporenbildung ermöglicht und begünstigt.

---

1) Im Katasteramt in München zeigte sich im Jahre 1892 der Hausschwamm überall da, wo die Holzregale, welche die lithographischen Steinplatten tragen, mit Coakesschlacke unterfüllt waren.

Die Verwendung nasser Baumaterialien begünstigt die Hausschwammentwickelung in hohem Grade. Die Vermeidung solcher ist selbstverständlich Pflicht des Technikers, aber ausserdem kommt es in Gegenden, wo der Hausschwamm epidemisch ist, darauf an, den Bau möglichst schnell auszutrocknen, damit die beginnenden Mycel-Bildungen des Hausschwammes vertrocknen und absterben müssen, ehe sie einen merkbaren Schaden verursachen konnten.

In trockenem Holz kann sich der Hausschwamm nicht entwickeln.

In früheren Jahren pflegte man grosse Holzvorräthe auf den Lagerplätzen zum Trocknen aufzuschichten. Seitdem die Bauthätigkeit in den siebziger Jahren eine kollossale Steigerung erfuhr, kauft der Holzlieferant das Holz im Walde, lässt es auf dem Zimmerplatze rasch herrichten und liefert es in den Bau. Nur wer so verfährt kann das Bauholz zu niederem Preise liefern. Man findet jetzt Holz in Neubauten, welches acht Wochen vorher noch im Walde stand. Jeder Cubikmeter frischen Holzes bringt aber 40 Liter Wasser in den Bau, die bei den schon früher erwähnten ungünstigen Austrocknungsbedingungen für viele Jahre ein Reservoir darstellen, welches die Umgebung reichlich mit Wasser versorgt. Die Schuld für alle hieraus erwachsenden hygienischen Missetände wird allgemein auf die Forstbehörde abgewälzt, welche die Bäume im Safte schlagen lasse und überhaupt schlechteres Holz als früher liefere. Dem gegenüber genügt es zu constatiren, dass die Forstbeamten heutzutage den gleichen Fällungsbetrieb einhalten, wie vor 50 Jahren.

Das häufige Vorkommen von Hausschwamm in Försterwohnungen und Bahnwärterhäusern hat seinen Grund meistens ebenfalls darin, dass das Holz im nächsten Holzschlage geschlagen und in noch nassem Zustande alsbald zum Baue verwendet wird.

Auch die Verwendung von Bruchsteinen, welche noch die volle Bruchfeuchtigkeit besitzen, spielt speciell dabei eine Rolle.

Wenn, wie Hartig angibt, ein besonderes intensives Auftreten des Hausschwammes in solchen Städten und Gegenden neuerdings zu beobachten ist, welche gewisse Kalkbruchsteine und Sandsteinarten verwenden, so beruht diese Thatsache sicherlich nicht darauf, dass solches Steinmaterial leicht Wasser anzieht, als vielmehr auf der geringen Parosität und Wassercapacität dieser undurchlässigen Steine, in Folge deren sie das im Innern des Wohnraumes erzeugte Wasser nicht aufzunehmen, weiterzutransportiren und an die Aussenfläche der Mauer abzudunsten vermögen. Die Folge davon ist, dass sich Wasser an den kälteren Wänden des Zimmers condensirt und in Tropfenform auf Holztäfelung, Fussboden u. s. w. herabrinnt.

Warum solche Wohnhäuser leicht feucht werden, wurde schon oben S. 71 erörtert; daselbst ist auch angegeben, wie man solche Häuser durch einfache Mittel vor Feuchtigkeit zu schützen vermag.

Grossen Schaden für das Haus und die Gesundheit der Bewohner kann durch die Verwendung nassen Füllmaterials verursacht werden. Dasselbe liegt oft lange neben den Gebäuden im Freien und wird, vom Regen durchfeuchtet, ohne Rücksicht auf seine Beschaffenheit und Nässe in den einzelnen Zimmern eingefüllt. Wenn nun auch der Hausschwamm nicht eingeschleppt wird, so verursacht die Feuchtigkeit bei der durch Bodenanstrich u.s.w. herbeigeführten Unmöglichkeit des Austrocknens, doch ähnliche Holzzerstörungen, die man als „Sticken“ bezeichnet.

Aus der Tabelle auf S. 322 kann ersehen werden, wie hoch der Wassergehalt der verschiedenen Füllmaterialien durch Wasseraufnahme aus feuchter Luft anzusteigen vermag. Während durch die betreffenden Zahlen die hygroskopischen Eigenschaften der einzelnen Füllungsmaterialien charakterisirt werden, zeigt die folgende Tabelle wie viel Wasser dieselben Füllmaterialien nach den Untersuchungen Hartig's aufzunehmen und festzuhalten vermögen, wenn ihnen dasselbe in flüssiger Form zugeführt wird.

Die verschiedenen Materialien wurden mit Wasser getränkt und, wenn auf dem Filter kein Wasser mehr abtropfte, gewogen.

100 Cubikcentimeter der Füllmaterialien hielten folgende Wassermengen fest:

1. Gewaschener Kies	1,9	Gramm.
2. Weisser Sand mit Gyps	19,9	=
3. Aushub	20,0	=
4. Steinkohlengrus	23,1	=
5. Urbau	23,2	=
6. Sand	39,4	=
7. Steinkohlenlösche	40,3	=

Weitaus am günstigsten verhält sich gewaschener Kies, am ungünstigsten Steinkohlenlösche und feinkörniger Quarzsand. Durch den schon oben (S. 120) getadelten Brauch, die Backsteine vor dem Vermauern ins Wasser einzutauchen oder einige Zeit darin liegen zu lassen, kann das Mauerwerk so nass werden, dass hierdurch allein die Hausschwammentwickelung ermöglicht wird. Das Wachsthum des Hausschwammes geht in diesen Fällen gewöhnlich von den ohne weiteren Schutz in die Mauern eingemauerten Balkenköpfen aus.

Die beschleunigte Bauausführung und das zu frühzeitige Beziehen der noch feuchten Wohnungen kann, neben vielen andern auch die

Hausschwamm-Calamität zur Folge haben, besonders da in solchen Häusern, damit der Miether einen guten Eindruck von der Wohnung erhält, Fussboden und Holzwerk sehr frühe mit Oelfarbe bestrichen und damit die Austrocknung der Zwischendecken-Füllungen ganz verhindert wird.

Schliesslich ist noch als eine häufige Ursache der Hausschwammbildung die Unterlassung von Drainirung und Trockenlegung durch Luftschächte u. s. w. (siehe S. 60 u. s. w.) bei auf feuchtem Terrain erbauten Häusern zu erwähnen. Die Unterlassung dieser Massregeln geschieht meist aus Sparsamkeitsrücksichten, verursacht aber schliesslich grosse Kosten für Umbau und Reparatur, abgesehen davon, dass die Drainirung oder Trockenlegung schliesslich doch durchgeführt werden muss. Bei Försterwohnungen, Pfarreien, Wärterhäusern findet man in der Regel nur einen Theil des Gebäudes unterkellert, den grösseren Theil dagegen nicht und wenn nun hier als Unterfüllung der Fussböden der Mutterboden benutzt wurde, der das Grundwasser direct oder capillär an die Balken und Dielen führt, wenn keinerlei Lüftung angebracht ist, so ist nicht zu verwundern, wenn sich in solchen Gebäuden der Hausschwamm leicht einstellt. Hartig konnte in der Mehrzahl der von ihm beobachteten zahlreichen Fälle die Entstehung des Hausschwammes auf derartige Zustände zurückführen. Bei Neubauten wird durch die grossen Wassermengen, welche mit der Füllung und durch die übrigen vorerwähnten Uebelstände in den Bau kommen, die Entstehung des Hausschwammes in allen Stockwerken ermöglicht. Bei älteren Gebäuden, welche Zeit zum Austrocknen hatten, kommt der Hausschwamm in den höheren Stockwerken äusserst selten vor, während die Parterreräume, denen auf verschiedenen Wegen oft viel Wasser von aussen zugeführt wird, öfters ergiffen werden. Alle Ursachen der Feuchtigkeit der Gebäude können also die Hausschwammentwickelung ermöglichen. In Badezimmern und in Aborten, die keinen völlig geregelten Abfluss des Urins besitzen, kommt der Hausschwamm ausserordentlich häufig vor.

Prophylactische Maassregeln zur Verhütung der Entstehung des Hausschwammes.

Wie jede Prophylaxe gegen parasitäre Krankheiten, so müssen sich auch die Vorbeugungsmaassregeln gegen die Invasion und Entwickelung des Hausschwammes in Gebäuden auf die im Vorausgehenden erörterten Ursachen der Entstehung dieser Holzkrankheit gründen. Die alte Meinung, dass das im Saft geschlagene Nadelholz leichter vom Hausschwamm ergriffen werde, als das im Winter ge-

fällte Holz, hat sich nach Hartig als unrichtig erwiesen und kommt daher bei der Prophylaxe nicht in Betracht.

Die Vorbeugungsmassregeln, wie sie sich aus den experimentellen Untersuchungen Hartig's und den Erfahrungen der Bautechniker ergeben, sind kurz zusammengestellt folgende:

1. Verhütung der Einschleppung von Hausschwammsporen: da dies meist durch Werkzeug und Kleider der Arbeiter geschieht, so müssen die letzteren, wenn sie mit Hausschwammreparaturen beschäftigt waren, ihr Handwerkzeug vor weiterem Gebrauch durch gründliches Waschen in fliessendem Wasser oder durch 1/2 stündiges Auskochen in Wasser säubern und desinficiren. Fuhrwerk, Wagen oder Schubkarren, welche zur Abfuhr von Schwammholz u. s. w. gedient haben, müssen mit reichlichen Wassermengen abgewaschen und die Kleidungsstücke der Arbeiter in den gegenwärtig auch in jedem Landkrankenhaus befindlichen Dampfdesinfectionsapparaten desinficirt werden.

2. Die Anwendung von Bauschutt (Urbau) zur Unterfüllung von Fussböden ist nur nach sorgfältiger Sterilisirung (Ausglühen u. s. w.) nach experimentell geprüften Methoden zulässig und überhaupt zu unterlassen, wenn in dem abgebrochenen Haus im Verlauf der letzten Jahrzehnte Hausschwamm aufgetreten ist.

3. Holz aus alten Gebäuden sollte in Neubauten möglichst vermieden und keinenfalls verwendet werden, wenn irgend welche Zeichen der Zerstörung zu erkennen sind.

4. Das bei Hausschwammreparaturen abfallende Schwammholz sollte sofort an Ort und Stelle verbrannt, die Verschenkung desselben an arme Leute verboten werden.

5. Auf Lagerplätzen darf das neue Bauholz nie mit Holz aus Abbruch in Berührung kommen.

6. Jede Verunreinigung eines Neubaues durch die Arbeiter sollte im Betretungsfalle mit sofortiger Entlassung bestraft werden.

7. Ebenso gefährlich als der Urin ist die Verwendung aller humusreichen, oder aus Kehrichtgruben stammenden und sonstwie verunreinigten Füllmassen.

8. Wegen der grossen Wasserkapacität und des Gehaltes an kohlensaurem Kali sind Coakes, Steinkohlenasche, Asche u. dergl. beim Baue durchaus zu vermeiden. Je geringer das Wasseraufsaugungsvermögen einer Füllmasse ist, um so geeigneter ist sie, und steht grober gewaschener, Kies obenan.

9. Füllmassen, deren Beschaffenheit in den erwähnten Beziehungen zweifelhaft erscheint, sollten vor der Verwendung physikalisch, chemisch und bacteriologisch untersucht werden.

10. Aborte sind so einzurichten, dass ein Eindringen von Urin in den Fussboden unmöglich ist.

11. Es dürfen keine bruchfeuchten Steine Verwendung finden.

12. Das Holzmaterial muss gut ausgetrocknet sein. Bei Vergebung der Holzlieferungen darf nicht der Mindestbietende Berücksichtigung finden, sondern derjenige, der die sicherste Garantie für Lieferung

trockenen Holzes bietet, auch wenn derselbe 10—15 Proc. mehr fordert, da ihn ja mehrjähriger Zinsverlust für Holzlagerplatz belastet.

13. Auch der Wassergehalt des Holzes sollte vor der Verwendung annähernd bestimmt werden, was nach Hartig aus Inhalt und Gewicht eines Holzstückes mit genügender Sicherheit vom Bautechniker selbst geschehen kann.

14. Nasses Füllmaterial darf nicht verwendet werden.

15. Die Austrocknungszeit des Rohbaues muss genügend lange bemessen werden.

16. Das Streichen der Fussböden mit Oelfarbe soll möglichst spät geschehen.

17. Der Baugrund muss trocken sein, eventuell drainirt werden.

18. Wenn keine Unterkellerung stattfindet, muss durch Unterfüllung mit groben Steinstücken und Anlegung von Luftzugkanälen für dauernde Trockenheit der Parterrefussböden Sorge getragen werden. Eventuell sind die schon früher erörterten Maassnahmen zur Sicherung der Trockenheit der Grundmauern und des Kellerbodens anzuwenden.

19. Die Fussböden dürfen nicht hart an die Aussenmauern treten, sondern müssen vielmehr 0,02 m davon abstehen.

20. Die Tischlerarbeiten dürfen erst ausgeführt werden, nachdem der Putz vollkommen trocken geworden ist.

21. Bei der Ausführung von niedrigen Lambris (Scheuerleisten) und höheren Lambris sollen unter allen Umständen die sogenannte Mauerpfröpfe vermieden werden, da von hier aus die Mauerfeuchtigkeit und etwaige Schwammbildung sich dem Holzwerk mittheilt. Anstatt ihrer können schmiedeeiserne Dübbel verwendet werden.

22. In Neubauten sollte durch Anlage der einfachen in dem Kapitel „Lüftung“ beschriebenen mit Hülfe eines eisernen oder Kachelofens leicht ohne Kosten ausführbaren, für die Gesundheit so wichtigen Ventilationseinrichtungen, dem Feuchtwerden der Wände vorgebeugt werden. Gute Construction der Fussböden und

23. Vermeidung der Zufuhr von Wasser und Unreinlichkeiten in dieselben (besonders in Badezimmern, Waschräumen u. dergl.).

Wenn man die im nächsten Kapitel erwähnten chemischen Mittel gegen den Hausschwamm, zur Imprägnirung des sämmtlichen Holzwerkes eines Neubaues, wie vielfach empfohlen wurde, anwenden wollte, so würde man damit eine Versicherungsprämie zahlen, die viel zu gross ist dem zu erwartenden Nutzen gegenüber. Die Beobachtung aller vorstehend aufgeführten Vorsichtsmaassregeln vertheuert allerdings einen Bau, zumal durch die Verzugszinsen, die mit dem Austrocknen im Rohbau verknüpft sind, gewährt dafür aber eine weitaus grössere Garantie, als jene Imprägnationsmittel. Die letzteren dringen immer nur sehr wenig in das Holz ein und wirken meist nur sehr kurze Zeit, verhindern aber das schnelle Austrocknen und da durch die Hantirungen beim Bau, durch die Entstehung von Rissen und Spalten genug Verletzungen dieser äusseren Schutzschicht

entstehen, so vermag der Pilz, wenn er sich einmal im Bau eingefunden hat, das Holz doch anzugreifen und zerstört es sodann um so schneller und sicherer (Hartig).

Vertilgung des Hausschwammes.

Die erste Massregel in einem vom Hausschwamm ergriffenen Gebäude muss in der Beseitigung des vom Schwamm befallenen Holzwerkes (der Fussböden, Lambris, Thürenverkleidungen, Wandvertäfelungen u. s. w.) bestehen. Man darf dabei nicht, wie es oft geschieht, den Fehler begehen, nur das stärker zerstörte Holz oder diejenigen Holztheile, bei denen deutlich sichtbare Veränderungen und Vegetationen vorhanden sind, zu entfernen. Den äusserlich erkennbaren Veränderungen geht ja die Thätigkeit des Hausschwammes im Innern voraus, von der man mit unbewaffnetem Auge nichts sieht und deshalb ist es nöthig, auch das scheinbar noch gesunde Holz auf mindestens 1 Meter Entfernung von dem sichtlich veränderten oder befallenen Holz ebenfalls zu beseitigen.

Hierbei darf man nicht conservativ und sparsam zu Werke gehen. Die Zuziehung sachverständigen Rathes und die Controlirung der Arbeit durch mikroskopische Untersuchung ist der sicherste Weg zur radicalen Ausrottung des Schwammes.

Selbstverständlich muss auch die Fussbodenunterfüllung tiefer ausgehoben werden, als man an ihr oder an der Fundamentmauer Schwammbildungen erkennt. Den mit unbewaffnetem Auge erkennbaren Strängen gehen ja die äussersten Ausläufer, als fädiges, mikroskopisch nicht sichtbares, im Holze u. s. w. sich verbreitendes Mycel voraus.

Um die in den Fundamentmauern befindlichen Stränge und Mycelbildungen zu zerstören, müssen die Fugen ausgekratzt, die Maueroberfläche gereinigt werden. Wenn möglich, soll dann die freigelegte Mauer längere Zeit einem kräftigen, trockenen Luftzug ausgesetzt oder, was sehr wirksam ist, mit der kräftigen Flamme einer guten Gebläselampe flambiert werden.

Auch durch das Ausspritzen der Mauerfugen mit dem relativ billigen Kreosotöl, welches bei den Versuchen Hartig's die besten Erfolge ergeben hat, kann eine völlige Vernichtung der Mycelbildungen erzielt werden.

Zur dauernden Trockenhaltung der Mauern ist auch das von Fr. Müller (Zieblandstr. 28/2 München) angegebene Verfahren zu empfehlen. Nach demselben wird der Verputz von der Mauer heruntergeschlagen und ein System von quadratisch und diagonal angeordneten Canälen eingearbeitet. Die Canäle werden dann mit

dünnen Platten (Dachziegel, Dachpappe oder Superator-Feuerschutzplatten der Superator-Fabrik in Würzburg) gedeckt und die ganze Fläche verputzt. Die Canäle stehen einerseits mit der Aussenluft und andererseits mit einem Schornstein in Verbindung, so dass dieselben beständig von Luft durchzogen werden (Fig. 131). Durch Abschlusskappen der Aussenöffnung kann die Lüftung nach Belieben sistirt werden.

Hartig empfiehlt nach den erwähnten Vorarbeiten die Fugen mit guten Cementmörtel zu verbinden und die ganze Mauerfläche mit einem Cementputz zu versehen, dessen Oberfläche behufs Erzielung einer grösseren Dichtigkeit zu glätten ist.

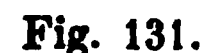
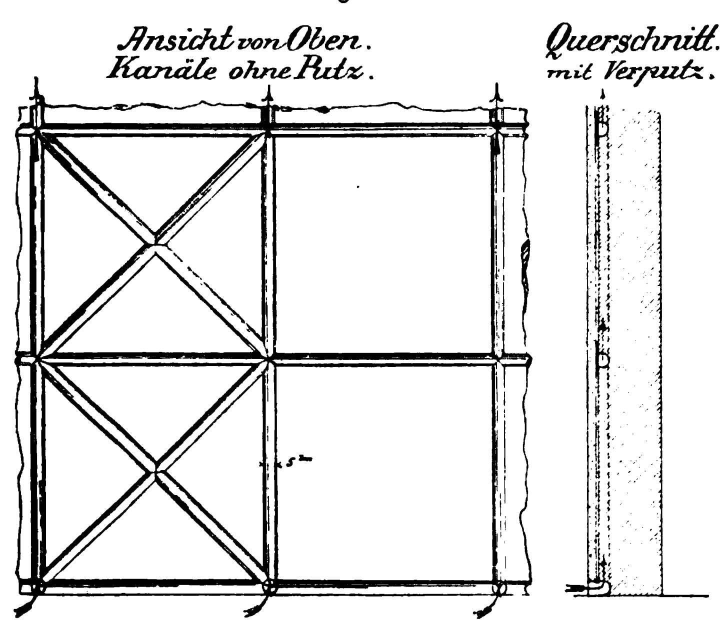


Fig. 131.



Alsdann wird die Bodenauffüllung mit trockenem reinem, am besten geglühtem Kies vorgenommen, oder eine Ziegelpflasterung mit darüber liegendem Cementguss hergestellt. Zu den nunmehr einzulegenden Lagerhölzern, Bodenbrettern, Scheuerleisten, Thürstöcken u. s. w. darf nur gesundes, völlig trockenes Holz verwendet werden. Sehr erfolgreich ist die Anlage von Luftcanälen unter der Dielung und längs der Umfassungswände, welche zur Erzielung eines ergiebigen Luftwechsels sowohl mit der äusseren Luft als mit Oefen, Luftkaminen oder Wohnräumen in Verbindung zu setzen sind. Man kann das Lüftungssystem zweckmässig so einrichten, dass im Sommer

die Aussenluft, im Winter die Wohnungsluft unter der Dielung circulirt. Auch hinter den Sockelleisten und Wandvertäfelungen, die übrigens besser ganz wegbleiben, sind Luftcanäle von grossen Nutzen. Da die Einwirkung des Tageslichtes nach GÖPPERT und POLECK[1]) die Entwickelung des Hausschwammes schädigt, so ist auch die möglichst gute Beleuchtung von Kellern und Souterrainwohnungen in Betracht zu ziehen.

Alles Holzwerk, welches der Luft nicht direct ausgesetzt ist, wird mit heissem Creosotöl bestrichen, da von allen Conservirungsmitteln, die HARTIG der Prüfung unterzogen hat, dieses den besten Effect hatte und auch sehr wohlfeil ist, sowie keinen allzu unangenehmen Geruch verbreitet. HARTIG führte mit verschiedenen Hausschwamm-Mitteln Versuche in der Weise aus, dass er Holzstücke, welche von lebendem Mycel durchwachsen waren, in die betreffenden Flüssigkeiten 3 Minuten lang eintauchte, worauf sie in Culturräume gelegt und etwa 1 Monat lang darauf hin beobachtet wurden, ob das Mycel über die imprägnirten äusseren Holzschichten nach aussen hervorwuchs und ob, wenn dies nicht der Fall war, im Innern noch lebendes und entwickelungsfähiges Mycel vorhanden war. Andrerseits wurden völlig gesunde Fichtenholzstücke in die Flüssigkeiten eingetaucht und dann nach dem Abtrocknen auf mycelhaltige Infectionsstücke im Feuchtraume gestellt. Alsdann wurde genau controlirt, ob das aus letzteren herauswachsende Mycel die Holzstücke umwucherte oder frei liess. Bei allen zur Anwendung gebrachten Imprägnations- resp. Conservirungsmitteln wurde zweifellos das Hausschwammmycel in den äusseren Theilen der Holzstücke getödtet. Verschiedenheiten traten nur hervor in Bezug auf die Nachhaltigkeit der Wirkung.

Am günstigsten verhielt sich das Creosotöl. Die Schwammholzstücke zeigten völlig getödtetes Mycel; die imprägnirten Holzstücke blieben dauernd (Beobachtungszeit 3 Monate) frei vom Hausschwammmycel und zeigten auch keinerlei Schimmelpilzbildungen auf der Oberfläche, obgleich HARTIG das Infectionsmaterial, weil es vom flüchtigen Creosotöl nachtheilig beeinflusst wurde, einigemal erneuerte.

Gleich günstige Resultate ergab die im Handel unter dem Namen Carbolineum als Schwammmittel empfohlene Flüssigkeit, die dem Geruch nach im Wesentlichen aus Creosotöl besteht.

---

1) Der Hausschwamm, seine Entwickelung und Bekämpfung. Breslau 1885. Kern's Verlag.

Der Steinkohlentheer war nur von vorübergehender Wirkung. Das Hausschwammmycel im kranken Holze wurde zwar getödtet und anfänglich auch die Infection des imprägnirten Holzes verhindert. Als dann aber nach einem Monat das Infectionsmaterial erneuert wurde, griff das daraus hervorwachsende Mycel die getheerten Holzstücke an, die sich auch mit Schimmel reichlich überdeckten. Der Theer dringt eben nicht so weit in das Holz ein wie das dünnflüssige Creosotöl, und die flüchtigen, dem Pilz schädlichen, Bestandtheile sind aus der nur oberflächlich haftenden Schicht bald verschwunden, womit die desinficirende Wirkung aufhört. Ein grosser Nachtheil ist es auch, dass der Theer das Austrocknen des im Holze noch enthaltenen Wassers erschwert (vgl. S. 304). —

Sehr ungünstig waren die Resultate mit dem sogen. Schwammtod, „Mycothanaton“, der Firma VILAIN & Co. in Berlin. Aus den damit behandelten Holzstücken wuchs der Hausschwamm nach wenig Wochen kräftig hervor.

Ein gleich ungünstiges Resultat ergab das sogen. Antimerulion.

Auch mit Kochsalz-Eisenvitriol-Lösungen wurden keine befriedigenden Resultate erzielt.

Wenn das Creosotöl als das wirksamste der von HARTIG untersuchten Mittel bezeichnet wurde, so ist doch zu beachten, dass dasselbe nur bis zu einer beschränkten Tiefe in das Holz eindringt und dass die äusseren imprägnirten Theile beim Zuschneiden, Behauen, Nageln u. s. w. unvermeidlichen Verletzungen ausgesetzt sind. In Folge davon kann einestheils aus imprägnirtem, krankem Holze der Hausschwamm doch herauskommen, oder es kann derselbe in das nicht imprägnirte Innere gesunder Hölzer durch die erwähnten Verletzungen hineingelangen.

Conservirung des Holzes.[1])

Neuerdings hat man angefangen, die Mittel, welche zur vollständigen Imprägnirung der Hölzer (Eisenbahnschwellen u. s. w.) mit so grossem Erfolg benutzt wurden, auch beim Hochbau anzuwenden. Bei der Conservirung des Holzes handelt es sich entweder um dessen Durchtränkung mit mineralischen, oder organischen, antiseptisch

---

1) Nach Prof. O. DRUDE: Studien über die Conservirungsmethoden des Holzes. Der Civilingenieur. 1889. S. 21. Vergl. auch: MAXIME PAULET, Traité de la conservation des bois des substances alimentaires et de diverses matières organiques. Étude chimique de leur alteration et des moyens de la prévenir etc. Paris 1874. (414 S. 8°.)

22*

wirkenden Substanzen, deren Gegenwart für die zersetzenden Pilze als Gift wirkt, oder man sucht die Stickstoffverbindungen im Innern des Holzes zu vernichten oder in giftige Eiweissverbindungen umzuwandeln.

Das Holz gehört zu den stickstoffärmsten organischen Gebilden, und es enthält die Hainbuche (Carpinus betulus) den höchsten Stickstoffgehalt, nämlich 1,84 Proc., und die Kiefer (Pinus silvestris den niedersten: 0,81, von allen einheimischen Bäumen. Dieser geringe, sich um ein Procent bewegende Stickstoffgehalt des Holzes ist trotzdem, wie bekannt, im Stande, andere Organismen in ihrem — jedenfalls nur gering vorhandenen, aber doch vom Leben untrennbaren — Stickstoffbedürfniss zu erhalten; denn Bohrkäfer wie Pilze ernähren sich aus dem Holze ganz allein und zeigen durch ihren Plasmareichthum sich selbst als Accumulatoren der in schwachen Beträgen durch den Holzkörper zerstreuten Stickstoffverbindungen.

Das jugendliche Splintholz vermag am besten die Ernährung anderer Organismen zu leisten und ist am ehesten den Angriffen derselben ausgesetzt, was physiologisch leicht verständlich ist: die ganz junge, noch unverholzte und wachsthumsfähige Zelle der späteren Holzfaser steckt voll plasmatischer, also eiweisshaltiger Substanzen; bei ihrer späteren Entwickelung gehen dieselben verloren und als Inhalt der ausgewachsenen Holzzelle tritt Wasser und Luft auf, bis auf einen kleinen Rest plasmatischer Substanzen, welcher sich noch auf Jahre zur Vollführung gewisser Lebenserscheinungen erhält. Daraus ergibt sich von selbst, dass die jüngeren Jahresringe, mithin das Splintholz überhaupt, in Hinsicht auf Unschädlichmachung des zur Aufrechthaltung parasitär-saprophytischer Lebensweise dienlichen organischen Inhaltes, die grösste Aufmerksamkeit verdienen.

Man hat nun für die Zwecke längerer Erhaltung des Holzes versucht die Proteïnstoffe auszulaugen. Diejenigen Flüssigkeiten, welche sich durch mikrochemische Beweisführung als tüchtig und geeignet zu deren Auflösung und Fortführung im flüssigen Zustande erweisen, besonders nicht zu schwache alkalische Laugen, sind aus anderen Gründen zur Tränkung des Holzes ungeeignet, und keine der beliebten Imprägnirungsflüssigkeiten löst die vegetabilischen Zellkern- und Zellplasma-Albuminate. Es ist daher PAULET im Rechte, wenn er sagt, dass in dieser Hinsicht die Conservirungsflüssigkeiten entweder als Antiseptica (Creosotöl, Terpentin u. s. w.) die Proteïnstoffe, wie die Holzmembran zu durchtränken haben, oder dass sie als Metallsalze (Kupfersulfat, Zinkchlorid, Sublimat) die schleimigweichen Eiweissstoffe in völlig unlösliche, durch den Metallzusatz

giftig wirkende Verbindungen zu verwandeln haben. Dass die conservirenden Metallsalze diese Eigenschaft besitzen, erkennt man an dem Coaguliren frisch ausgepressten, oder aus Bäumen ausgepumpten Pflanzensaftes in Berührung mit demselben. Man nimmt an, dass das Proteïn durch Verbindung der Metalle mit dem Schwefel und Phosphor zur Ernährung von Parasiten und Saprophyten untauglich werde, von letzterem nicht mehr assimilirt werden könne; dadurch werden solche Metallsalze in ihrer Wirkung gleichfalls antiseptisch und, in den Holzmembranen in grösserer Menge aufgespeichert, vernichten sie hier die sich durch sie hindurch bohrenden und einwuchernden Keimlinge oder Mycelfäden von Pilzen. Mit schweren Metallsalzen hat HARTIG keine vergleichenden Versuche beim Hausschwamm angestellt. Am besten hat sich von denselben nach den Erfahrungen im Grossen (wie sie bei Eisenbahnschwellen u. s. w. gemacht wurden), Zinkchlorid bewährt. Die vortreffliche Wirkung desselben ist überall anerkannt und ebenso die vielfachen Vorzüge gegenüber dem Kupfersulfat und Sublimat.

Der Hausschwamm als Krankheitsursache.

In allen Räumen, welche vom Hausschwamm stark befallen sind, macht sich ein dumpfer und penetranter Geruch bemerkbar, aber erst im vorgeschrittenen Stadium der Vegetation, wenn die Fruchtträger des Pilzes absterben und in Folge der Ansiedelung von Bacterien verfaulen. Das Auftreten dieser höchst unangenehm riechenden Gase ist bei dem reichen Eiweissgehalt der Pilzmasse leicht erklärlich. Die chemische Natur dieser flüchtigen Stoffe ist noch nicht festgestellt; es ist möglich, aber nicht sicher erwiesen, dass dieselben einen gewissen Grad von Giftigkeit besitzen und daher der Gesundheit nachtheilig sind.

Directe Analysen der Luft aus engen, von bedeutenden Pilzwucherungen befallenen Räumen, ergaben nach POLECK[1]) keinen, die Mittelzahlen erheblich überschreitenden Gehalt an Kohlensäure.

Der Hausschwamm entwickelt, wie gesagt, diese unangenehmen Gerüche erst nach dem Absterben. Im frischen, lebenden Zustande besitzt er einen äusserst angenehmen Geruch, welcher dem feinsten Speisepilz, dem Agaricus campestris nicht nachsteht. Den gleichen aromatischen Geruch nimmt das von Mycel durchwachsene Holz an und beim Trocknen (Dörren) solchen Holzes macht sich der charak-

1) GÖPPERT und POLECK: Der Hausschwamm, seine Entwickelung und seine Bekämpfung. Breslau, Kern's Verlag. 1885. S. 31.

teristische Geruch getrockneter Champignons (Agaricus campestris oder Boletus edulis) bemerkbar (HARTIG). Auch der Geschmack des frischen Mycels ist nach HARTIG höchst angenehm und steht anfangs dem der edelsten Speisepilze nicht nach, bis derselbe durch eine späterhin hervortretende Bitterkeit erheblich beeinträchtigt wird.

HARTIG hat bei dem Genuss von haselnussgrossen Portionen des Pilzes und seiner Sporen keinerlei nachtheilige Folgen verspürt. Versuche mit grösseren Mengen waren nicht nothwendig, da der Pilz wohl niemals als Nahrungsmittel Verwendung finden dürfte.

Bei dem negativen Resultate dieser Selbstinfectionsversuche durch innerlichen Genuss, müssen die folgenden Angaben über die angebliche Gefährlichkeit des Pilzes mit grosser Vorsicht aufgenommen werden. Bei der grossen Verbreitung des Hausschwammes müssten auch die angeblich durch ihn verursachten Krankheitserscheinungen öfters beobachtet werden, als dies thatsächlich der Fall ist. Es kann übrigens keinem Zweifel unterliegen, dass der erwähnte Gestank des abgestorbenen faulenden Hausschwammes, im Verein mit dem grossen Feuchtigkeitsgehalt der Wände, Fussböden und der Luft solcher Wohnräume das Auftreten verschiedenartiger Krankheiten zu begünstigen vermag, ohne die directe Ursache derselben zu sein.

Es bleibt ferner noch die Möglichkeit, dass der Hausschwamm zwar nicht von den Verdauungsorganen aus, wohl aber bei Einführung in die Luftwege (und vielleicht auf andere Schleimhäute, wie z. B. die Conjunctiva) infectiöse Wirkungen zu entfalten vermag. Da, wo der Merulius zur Fruchtbildung gelangt, ist die Luft mit dessen Sporen „völlig erfüllt“, wie GÖPPERT und POLECK durch Aufstellen von mit Glycerin bestrichenen Objectträgern in verschiedenen Punkten solcher Räume nachgewiesen haben.

In der medicinischen Literatur sind mehrere Fälle beschrieben, bei welchen das Eindringen der Sporen in die Luftwege reizend wirkte und zu entzündlichen Affectionen der Schleimhäute des Gaumens und Rachens Veranlassung gab, während das Verschlucken der Sporen gastrisch-typhöse Erscheinungen hervorrufen und der widrige Geruch genügen soll, um unter Umständen Kopfschmerzen, Schwindel und nervöse Zufälle herbeizuführen.

Erwähnenswerth in dieser Beziehung ist ein von Dr. UNGEFUG[1]) mitgetheilter Fall der Erkrankung einer ganzen Lehrerfamilie, sowie

---

1) Vierteljahrschrift für gerichtliche Medicin und öffentliches Sanitätswesen von Dr. H. EULENBURG. Neue Folge. Bd. XXVII. 1877.

die gleichzeitige Besprechung analogischer Erkrankungen aus früherer Zeit.

Am 26. Juli 1877 suchte der Lehrer B. aus Wikischken in Ostpreussen ärztliche Hilfe für seinen neun Jahr alten Sohn, am 5. August meldete er die Erkrankung seines zweiten, 16 Jahr alten Sohnes an und von diesem Tage bis zum 15. August erkrankten noch ein 14 und ein 7 Jahr alter Sohn und endlich seine Frau unter ganz analogen Krankheitserscheinungen, welche bei dem zuerst erkrankten Kinde einen bedenklichen typhösen Charakter annahmen. Das Erkranken hatte bei allen Patienten mit Mangel an Esslust, Durst, Hitze, trägen Stuhlgang, Husten begonnen und sich bei dem ersten Kranken bis zu heftigen Fieber-Phantasieen gesteigert, wobei auch Schwerhörigkeit eingetreten war.

Bei der Aufsuchung der Krankheitsursache ergab sich zunächst, dass die Erkrankten weder im Dorfe, noch in der Nachbarschaft mit contagiösen Kranken zusammen gekommen waren und contagiöse Krankheiten zur Zeit im Kreise überhaupt nicht vorhanden waren. Ebenso wenig bot das Trinkwasser oder die Ernährung der Erkrankten Anhaltspunkte für die Beurtheilung der Krankheitsursache. Dagegen fiel dem Arzt sofort ein widrig stockiger und modriger Geruch auf, sowohl in der Schulstube, in welcher die drei älteren Knaben während der Ferien schliefen, wie auch in der Wohnstube und der Hinterstube des Lehrers. Ueberall fanden sich ausgebreitete, üppige Wucherungen des Hausschwamms an den Wänden hinter den Möbeln und unter der Dielung vor. Auf allen Schulutensilien, namentlich in dem Schrank der Schulstube, an dessen Rückwand der Hausschwamm 60 cm hohe Wucherungen getrieben hatte, auf den Schulvorschriften, den Büchern, den Schulheften u. s. w. lag ein röthlich gelber Staub in dicker Lage, dessen Identität mit den Sporen des Merulius durch das Mikroskop zweifellos festgestellt wurde. Ebenso zweifellos und in reichlicher Menge wurde die Anwesenheit dieser Sporen in dem Schleim und in dem ausgehusteten Auswurf aus den Lungen der am 5. August erkrankten Kinder noch am 22. August nachgewiesen. Bei der Entfernung der Dielung dieser Räume kamen massenhafte Vegetationen des Hausschwamms zum Vorschein, wobei gleichzeitig ein Arbeiter leicht erkrankte.

Ungefug reproducirt eine Mittheilung aus Hufeland's Journal der praktischen Heilkunde (Juniheft von 1826) über einen von Jahn in Güstrow beobachteten Fall, in welchem eine Frau mit ihren drei Kindern unter ganz analogen Erscheinungen erkrankte und später noch zwei Tischlerlehrlinge, welche die Dielung der betreffenden Wohnung aufgerissen und den massenhaft vorhandenen und stark staubenden Schwamm beseitigt hatten. Die Frau mit ihren Kindern wurde nach mehrmonatlichem Krankenlager wieder hergestellt. Die beiden Lehrlinge, welche unter ganz gleichartigen Erscheinungen, Eingenommenheit des Kopfes, Schlaflosigkeit, erschwertes Schlucken, Schwerhörigkeit erkrankt waren, starben später, nachdem schliesslich lange nach der Intoxikation heftiges Fieber, massenhafte Aphthen im Munde und Halse und Furunkel auf der ganzen Oberfläche des Körpers, Anschwellung des Halses bis zur Grösse des Kopfes, zum Ausbruch gekommen waren.

UNGEFUG resumirt den ganzen Krankheitsverlauf und seinen ursächlichen Zusammenhang mit dem Hausschwamm in diesen von ihm und von JAHN beobachteten Fällen dahin:

„1. Dass die Hauptsymptome auf eine Erkrankung des Darmkanals mit Brechneigung, verminderter Esslust, geringem Durste, träger Oeffnung hinweisen, zu welcher sich bald Müdigkeit, Theilnahmlosigkeit, Benommenheit des Kopfes, typhöses Allgemeinleiden, Darniederliegen der Ernährung und Fieber gesellten. Bei den Güstrower Kranken trat lange nach der Intoxikation Ausbruch von Aphthen, mit tödtlichem Verlauf ein. Bei den Wikischker Patienten wurden gar keine Halsbeschwerden beobachtet, auch herrschte in jener Zeit in diesem Kreise Diphtherie gar nicht.

2. Die Erkrankungen traten an beiden Orten im Juni und Juli auf und schleppten sich in Wikischken bis Ende September, in Güstrow bis Ende Oktober hin. Es hängt dies mit der Ausbildung des Thränenschwamms zusammen. Seine Fruktification und Ausstäubung der Sporen tritt dann ein.

3. Wie der mikroskopische Befund der Sputa ergeben hat, erfolgt durch Einathmen der Sporen in die Lungen, wohl mehr aber durch Herabschlucken derselben Stäubchen in den Darmkanal die Vergiftung des ganzen Organismus. Gerade Frau Lehrer B., welche den Schwamm mit einem Spaten von den Dielen und dem Schulschranke bei der Entfernung desselben aus Wohn-, Schlaf- und Schulstube abgehoben hatte, und ihre 4 Söhne, welche sich bei dem Aufnehmen, Zusammenlegen und Forttragen des stark stäubenden und ihnen dadurch, sowie durch den widrigen Geruch lästig fallenden Pilzes betheiligt hatten, waren am meisten erkrankt, während der Vater, welcher sich daran gar nicht betheiligt hatte, sowie ein dreijähriger Sohn und die fünf Monate alte Tochter, gesund blieben.

Von den Güstrower Patienten erkrankten die Tischlerburschen, welche den Sporenstaub beim Aufreissen der Dielen am meisten eingeathmet, sowie diejenigen Personen, welche sich am längsten in den ungesunden Stuben aufgehalten und geschlafen hatten, am heftigsten.“

Nach Mittheilung des Dr. KOETTNITZ in Greiz erkrankten die, in dem stark vom Hausschwamm inficirten Rettungshause, Carolinenfeld bei Greiz, wohnenden Kinder häufig an Bindehaut-Katarrhen und solchen der Respirations-Organe, also völlig analog den Erscheinungen in den vorstehend beschriebenen Krankheitsfällen. Auch die in Breslau vorhandenen Beobachtungen analoger Erkrankungen von Kindern, z. B. in der Wohnung des Inspektors des botanischen

Gartens, Dr. Stein, lassen sich unschwer auf den Einfluss der stark von Schwamm inficirten Wohnung zurückführen.

Wenn auch die ätiologische Bedeutung der Hausschwammsporen in diesen Fällen nach den Selbstinfectionsversuchen von Hartig als zweifelhaft erscheinen muss, so dürfte die experimentelle Prüfung dieser Frage durch Versuche an Thieren und Menschen um so mehr nothwendig sein, wobei namentlich zu entscheiden wäre, ob die Sporen nur als mechanischer Reiz auf die Schleimhäute wirken, oder ob auch die Auskeimung u. s. w. derselben im Thierkörper möglich ist, was nach Göppert und Poleck deshalb nicht unmöglich erscheint, „weil im Organismus alle Bedingungen, Phosphorsäure, Kali, genügende Feuchtigkeit, Mangel an Licht und an Luftwechsel vorhanden sind, also dieselben Verhältnisse, unter denen die Sporen bei Culturversuchen zum Keimen gelangt sind.“

Die Aehnlichkeit der oben beschriebenen Krankheitsfälle in Bezug auf Verlauf und Symptome, mit der von James Israel (Berlin, Hirschwald 1884) beschriebenen Actinomycose des Menschen veranlassten Göppert[1]) die allerdings sehr kühne Hypothese aufzustellen, dass die Actinomycose durch den Hausschwamm verursacht werde, der Strahlenpilz Actinomyces also identisch mit Merulius lacrymans sei, wobei er insbesondere auch darauf hinwies, dass der dem Hausschwamm analoge, grosse Bedarf von Phosphaten für die Entwickelung des Strahlenpilzes sich darin ausspreche, dass der letztere die Knochensubstanz in excessiver Weise angreift. Auch der langsame chronische Verlauf der tödtlichen Fälle von Actinomyces soll nach Göppert dem langsamen Keimungsprocess der Sporen des Hausschwammes entsprechen, von denen er bei seinen Versuchen noch nach neun Monaten Sporen in den ersten Stadien ihrer Keimung vorfand. „Auch wenn man die Structur des Strahlpilzes unter dem Mikroskop entwirrt, so tritt in ihm das Bild der Hymenialschicht des Merulius lacrymans, wie es Hartig in seinem neuesten Werke abbildet, hier in seinem dichten, reich verzweigten, wirren Geflecht zarter Hyphen und den kolbenförmigen Basidien in schlagendster Aehnlichkeit hervor.“ „Es würde daher hier in dem Actinomyces eine Entwickelung des Merulius aus Sporen in kleinstem Maassstab vorliegen, aber auf einem Nährboden von wesentlich verschiedener Structur, welcher ihm jedoch die Bedingungen seiner Existenz, Phosphorsäure, Kali, stickstoffhaltige Substanzen, in concentrirtester Form bietet, dadurch aber den ganzen Verlauf seiner Entwickelung wesentlich beeinflusst und anders gestaltet, als auf dem vegetabilischen Nährboden.“

---

1) l. c. p. 51.

Für die POLECK'sche Hypothese könnte auch die Thatsache angeführt werden, dass Actinomycose beim Menschen schon öfters durch Eindringen von Holzsplitter unter die Haut verursacht wurde. So beschreibt MÜLLER [1]) einen Fall, bei welchem sich die Affection an einer Stelle der Vola manus entwickelte, an welcher zwei Jahre vorher ein Holzsplitter eingedrungen und eingewachsen war. Bei mikroskopischer Untersuchung fand man an der Oberfläche des Holzsplitters ein dichtes Netz von Pilzfäden, die auch zwischen die Holzfasern reichlich eingedrungen waren. Keulen wurden nur an der Oberfläche und auch da nur spärlich, nicht im Innern des Holzes gefunden.

MÜLLER spricht sich jedoch, gestützt auf HARTIG's gegentheilige Aussage, sowie auf negative und widersprechende Resultate eigener Nachforschungen und Erwägungen gegen die Annahme POLECK's aus, dass der Strahlenpilz ein Schmarotzer des Holzes und identisch mit dem Hausschwamm sei.

Auch PARTZSCH [2]), welcher die Wohnung von zwei mit Actinomycose behafteten Patienten mit negativem Resultat auf Hausschwamm untersuchte, bekämpft die POLECK'sche Ansicht, gegen welche auch neuerdings wieder berechtigte Einwendungen erhoben wurden.

Die durch Polyporus vaporarius verursachten Zersetzungserscheinungen des Bauholzes. „Rothstreifigkeit“ und „Trockenfäule“.

Neuerdings hat HARTIG [3]) nachgewiesen, dass ausser dem Merulius lacrymans auch noch andere Pilze, namentlich Polyporus vaporarius, der Lohbeetlöcherschwamm Zersetzungserscheinungen an Bauholz verursachen. Die Infection findet aber nach HARTIG schon im Walde an lebenden Kiefern und Fichten statt, sowohl von Wurzeln zu Wurzeln durch das Mycel, wie auch oberirdisch von Windflächen, besonders aber an Wildschälwunden durch die Sporen.

Sowohl in seinem Auftreten als in der üppigen Entwickelung schneeweisser Mycelnester hat Polyporus vaporarius grosse Aehnlichkeit mit dem echten Hausschwamm, mit dem er auch oft verwechselt wird. Er unterscheidet sich aber von letzterem besonders dadurch, dass die auf dem Holzwerk äusserlich hervortretenden Pilzmassen, die auch in Form reich verzweigter Stränge, wie beim Hausschwamm

1) Ueber Infection mit Actinomycose durch einen Holzsplitter. Beiträge z. klin. Chirurgie. Bd. III. S. 355. Tübingen 1888.

2) Deutsche Zeitschrift f. Chirurgie. Bd. XXXIII. 1886. S. 498.

3) Lehrbuch der Baumkrankheiten. 2. Aufl. mit 137 Abbildungen und einer Tafel in Farbendruck. Berlin 1889. S. 538.

auftreten, immer schneeweiss bleiben, während der Hausschwamm bald Aschfarbe annimmt. Die Fruchtkörper sind meist unscheinbar, schneeweiss — niemals rostbraune Flächen zeigend. Die elliptischen 5—6 μ langen 3—3,5 μ breiten, glatten, farblosen Sporen haben einen scharfen, gewürzartigen Geruch. Das befallene Holz wird dunkel rothbraun, erhält zahlreiche verticale und horizontale Risse und zerfällt dadurch in rechtwinklige Stücke, die sich durch den Finger leicht zu Mehl verreiben lassen. Die chemische Einwirkung des Pilzes auf die Zellwand äussert sich in einer Verringerung der inneren Schichten. Bei Behandlung mit sehr verdünnter Kalilauge quellen dieselben stark, während sie sich bei etwas stärkerer Lauge völlig und in sehr verdünntem Ammoniak zum grossen Theil auflösen.[1])

Wenn im Walde (durch in die Splintrisse gelangte Sporen) inficirtes Holz getriftet wird und Gelegenheit hat mit Wasser sich vollzusaugen, dann tritt eine höchst widerwärtige Krankheitserscheinung auf, die zunächst als „Rothstreifigkeit" sich zu erkennen gibt, bei Verwendung derartiger Hölzer in Gebäuden zur „Trockenfäule" führt.

Rothstreifige Bretter bilden Ausschusswaare, die nur für Blind- und Fehlböden u. s. w. Verwendung finden, aber auch hier, zumal wenn nasse Füllung zur Anwendung gelangt, einer hochgradigen Trockenfäule unterliegen können. Rothstreifige Balken im Hause zu verwenden, ist immer gefährlich, zumal bei schneller Bauausführung, wobei dem Holz und Mauerwerk nicht genügend Zeit gewährt wird, um den grössten Theil des Wassers bald von sich zu geben. Die Balkenköpfe werden von den Mauern aus auf Jahre mit Feuchtigkeit versorgt und nun ist den darin schon enthaltenen Pilzbildungen Gelegenheit geboten, üppig weiterzuwachsen, dass Holz zu zerstören und die Veranlassung zu all jenen widerwärtigen Reparaturen zu geben, die nach 2—3 Jahren so oft in den Neubauten nöthig werden. Die Gefahr solcher Reparaturen ist um so grösser, je nasser das Holz bei der Verwendung war, je mehr dasselbe schon von Rothstreifigkeit ergriffen war, je langsamer das Austrocknen der Bauwerke von statten geht.

In Parterreräumen sollte deshalb alles über dem Kellergewölbe liegende Holz, in den höheren Stockwerken sollten die Balkenköpfe stets vor dem Einlegen mit einem desinficirenden Mittel mehrfach bestrichen werden, wobei das Diehl'sche Carburinol, das Creosotöl

---

1) Cf. Prof. F. Ludwig, Lehrbuch der niederen Kryptogamen. Stuttgart, Enke. 1892.

und das Carbolineum von Avenarius allein in Frage kommen. Was den Namen „Trockenfäule“ betrifft, für welchen auch vielfach „Ersticken“ oder „Sticken“ gesagt wird, so ist dieser Name nicht recht passend gewählt. Der fragliche Process kann nur im nassen Holze stattfinden, da ja die Pilze das Wasser zu ihrem Wachsthum im Holze selbst vorfinden müssen. Der Name stammt wohl daher, dass die Folgen der Zerstörung erst dann erkennbar zu werden pflegen, wenn der Bau und das Holzwerk nach einigen Jahren trocken geworden sind und letzteres nach dem Verluste des Wassers anfängt zu schwinden, d. h. sehr stark zusammenzutrocknen. Die Fussbodenbretter heben sich, sind trocken und mürbe, die Balken und Tramen bekommen Risse und erscheinen wie halb verkohlt.

Es sei schliesslich noch darauf hingewiesen, dass die Kalamität der Trockenfäule besonders gefördert wird durch das Streichen der Fussböden mit Oelfarbe. Der nicht gestrichene Fussboden verdunstet das Wasser, welches in dem Holzwerk und in der Füllmasse sich findet, verhältnissmässig schnell. Durch den Oelfarbenanstrich wird dagegen jede Verdunstung nach oben abgeschnitten. Wichtig ist ferner, dass dann, wenn es sich nur um Trockenfäule handelt, nach Ersatz des zerstörten Holzes nicht zu befürchten steht, die Erscheinung könne sich nach Verlauf einiger Jahre wiederholen. Mit dem Austrocknen des Baues hört die Möglichkeit der Erkrankung des Holzes an Trockenfäule auf. (ROBERT HARTIF.)

Schliesslich ist noch zu erwähnen, dass auch Polyporus destructor, „der trockene Hausschwamm“, und Polyporus borealis todtes Holz zu zersetzen vermögen. Sie sind aber beide von viel geringerer Bedeutung und Schädlichkeit als der Hausschwamm, welcher nach HENNING's im zehnten Theil aller Neubauten in Berlin zu finden ist. Gleiches gilt nach GÖPPERT u. A. von Breslau und anderen grösseren Städten.

SIEBENTES CAPITEL.

Das Dach.

Das Dach, der schützende Abschluss des Hauses nach oben, soll dem letzteren Sicherheit und Schutz gegen atmosphärische Einflüsse, gegen Hitze, Kälte, Regen, Schnee u. s. w., Sturm und Blitz, sowie gegen Feuer bieten. Damit ist aber die Bestimmung und Function des Daches nicht erschöpft. Es hat ausserdem noch die sehr wichtige Aufgabe, welche gewöhnlich unterschätzt oder ganz ignorirt wird, zur Ventilation, zur Durchlüftung des Hauses zu dienen. „Das Dach“, sagt v. PETTENKOFER, „ist nicht bloss dazu bestimmt zu verhindern, dass es einregnet, sondern dient auch zur Ventilation. So lange das Haus und die Räume darin wärmer als die umgebende Luft sind, was die längste Zeit des Jahres hindurch der Fall ist, findet man im Hause einen aufsteigenden Luftstrom, der auch durch die Zimmerdecken geht, und zieht die Luft im Treppenhause vom Erdgeschoss nach dem Speicher; nur so lange das Haus und die Wände desselben kühler als die umgebende Luft sind, hat man einen absteigenden Luftstrom und weht es vom Speicher herab, was in der Regel bloss im Hochsommer, und auch da nur während des Tages und nicht während der Nacht, der Fall ist. Man findet daher, in einem gleichmässig bewohnten Hause bei geschlossenen Fenstern und Thüren in den oberen Stockwerken in der Luft stets mehr Kohlensäure und Wasser als in den unteren, wie FORSTER und ERNST VOIT in Schulhäusern nachgewisen haben. Wenn man die Luft auch auf ihren Staubgehalt untersuchen würde, würde man wahrscheinlich das Nämliche finden. Je luftdichter nun das Dach über einem Hause schliesst, um so mehr werden sich unter demselben Verunreinigungen der Luft ansammeln. Das Dach soll daher wohl kein Wasser, das von oben darauf fällt, durchlassen, aber die Luft, die von unten nach oben kommt, oder es muss, wie beim Holzcementdach, für Abführung der Luft gesorgt werden, was sich leicht bewerkstelligen lässt.“

I. Die Dachformen.

Von der Behandlung des Daches eines Hauses hängt zum grossen Theil sein Charakter, seine Erscheinung und die Wirkung die das Haus in der Landschaft macht, sowie überhaupt seine Schön-

heit ab. Auch hierin liegt ein nicht zu unterschätzendes hygienisches Moment, denn Alles, was die Stimmung des Menschen günstig beeinflusst, ist von Werth für die Gesundheit. Die Schönheit wirkt wie ein Genussmittel bei der Nahrung. Man hat gemeint, die Dachform werde durch klimatische Verhältnisse bedingt, thatsächlich handelt es sich hierbei nur um eine Frage des Geschmackes und der Mode, welch letztere leider stärker ist als die Vernunft und diese oft genug über den Haufen wirft.

Die Beurtheilung des Werthes der verschiedenen Dächer in hygienischer Beziehung, der Vortheile und Nachtheile eines jeden, setzt die Kenntniss der Nomenclatur und der Hauptformen der Dächer, sowie der Construction und Eindeckungsarten derselben voraus.

Die wesentlichen Bezeichnungen, welche bei Dachformen in Gebrauch stehen, sind folgende: die oberste Linie einer Dachform heisst der First, die unterste, horizontale, der Dachfuss oder Dachsaum. Der ausspringende Winkel zweier Dachflächen heisst Grat, der einspringende Winkel Dachkehle oder Ichse.

Die Hauptdachformen sind, um weitschweifige Beschreibungen zu vermeiden, hier durch Skizzen charakterisirt und zwar: 1. Das Pultdach (Fig. 132). 2. Das Satteldach (Fig. 133). 3. Zeltdach (Fig. 134). 4. Walmdach Fig. 135, sowie abgestutztes oder halbes Walmdach (Fig. 136 b) und Krüppelwalmdach (Fig. 136 a.) 5. Dach mit Wiederkehr (Fig. 137). 6. Mansarddach (Fig. 138). 7. Bohlendach (Fig. 139). 8. Kegeldach (Fig. 140). 9. Kuppeldach (Fig. 141) und 10. Das Shed- oder Sägedach (Fig. 142).

Pultdächer (Fig. 132) haben nach Art eines Pultes nur eine geneigte Fläche, so dass die Wasserableitung nur nach einer Seite stattfindet.

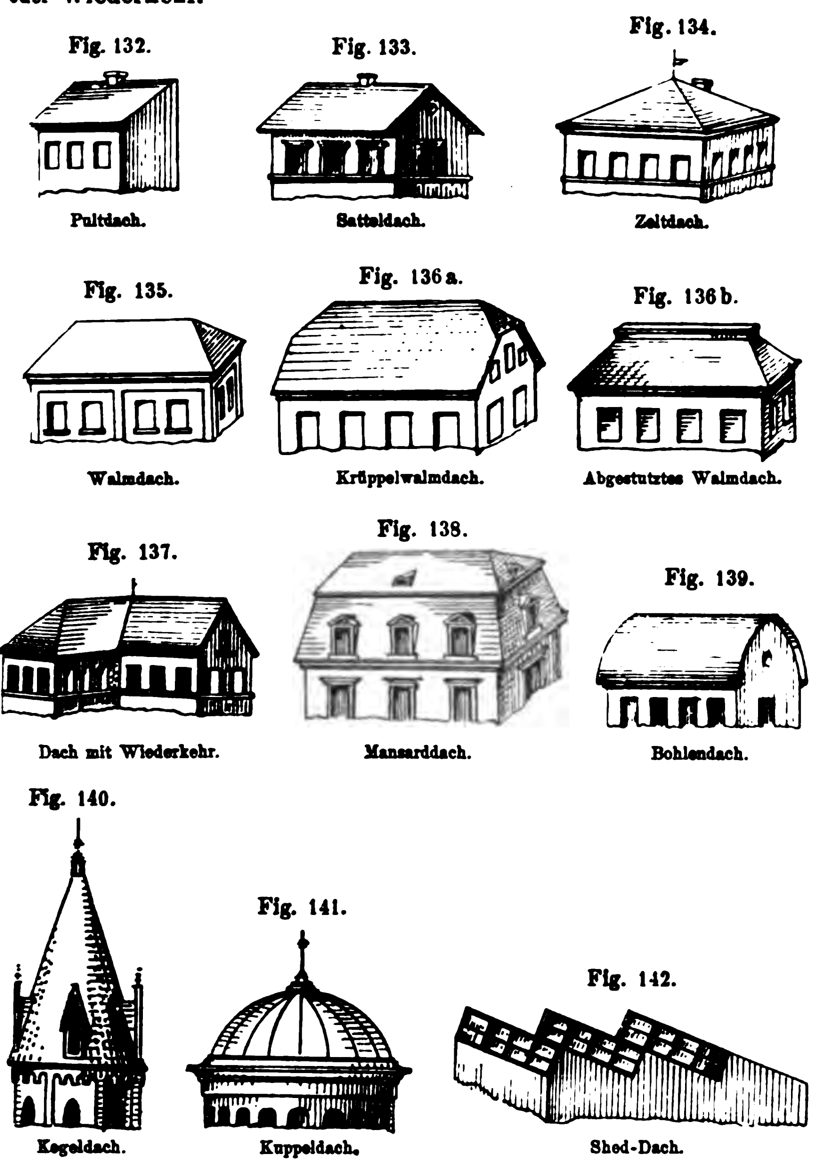
Beim Satteldach (Fig. 133) laufen zwei geneigte Dachflächen in einer Linie, der Firstlinie zusammen, die Giebel sind durch senkrechte Wände abgeschlossen und das Wasser wird demnach nach zwei Seiten abgeleitet.

Werden die Giebel der Satteldächer durch geneigte Dachflächen „Walme" ersetzt, so entsteht das Walmdach (Fig. 135), bei welchem alle vier Seiten des Daches gegen einander geneigt sind, so dass das Wasser nach allen vier Seiten des Gebäudes abfliesst.

Beim Zeltdach (Fig. 134) laufen alle geneigte Dachflächen in einem Punkte zusammen.

Dächer bei Flügelgebäuden von gleicher Tiefe und Höhe heissen Dächer mit Wiederkehr (Fig. 137). So stossen in Fig. 137 ein

Satteldach und ein Walmdach zusammen und bilden eine Einkehle oder Wiederkehr.



Das **abgestutzte Walmdach** (Fig. 136 b) findet hauptsächlich dann Anwendung, wenn der mittlere Theil eines rechteckigen Gebäudes durch Oberlicht beleuchtet werden soll.

Wenn, wie in Fig. 136 a, die Trauflinien der Walme höher liegen als die Trauflinien der Langseiten, so nennt man das Dach ein Krüppelwalmdach.

Das Mansarddach (Fig. 138) (nach dem französischen Architekten François Mansard benannt) besteht nicht aus ebenen, sondern aus gebrochenen Dachflächen (Fig. 138), von denen die unteren Flächen steil, die oberen aber flacher geneigt sind. Man wendet dieses Dach oft dann an, wenn man im Dachraume eines Gebäudes noch Wohnzimmer herstellen will. Gewöhnlich ist das Mansarddach im unteren Theil unter einem Winkel von 60°, im oberen Theile unter 30° gegen den Horizont geneigt.

Beim Sattel- und Walmdach kann das Profil der Dachfläche ebenfalls gekrümmte Linien zeigen; das Gespärre des Daches besteht dann oft aus Bohlenbogen und wird daher ein solches Dach Bohlendach (Fig. 139) genannt.

Ist der Grundriss eines zu überdachenden Gebäudes ein Kreis, so kann das Dach ein Kegeldach (Fig. 140) oder ein Kuppeldach (Fig. 141) sein, je nachdem das Profil des Daches gerade oder stetig gekrümmte Linien zeigt.

Das Shed- (-Schuppen) oder Sägedach (Fig. 142) entsteht durch Nebeneinanderstellen einer Anzahl von Satteldächern, welche in den beiden Seitenflächen ungleiche Neigung zeigen (Fig. 142). Die steilere Dachfläche wird mit Glas, die weniger geneigte mit irgend einem anderen Material gedeckt. Der Hauptvortheil des Sheddaches, welches für Fabriken, Schulen, Ateliers u. s. w. vielfache Anwendung findet, ist das ruhige Licht, welches man durch dasselbe erhalten kann. Wenn es wegen der Verwendung des Raumes angezeigt erscheint, kann die ganze verglaste Fläche gegen Nord verlegt und so eine fast vollständige Freiheit von den unmittelbaren Sonnenstrahlen erreicht werden, welche die Arbeitenden jedenfalls nicht belästigen können. Ausserdem wird in den betreffenden Räumen die Temperatur während der heissen Sommertage um mehrere Grade niedriger erhalten, als in gewöhnlich beleuchteten Räumen.

Pultdächer finden nur bei Neben- und Hofgebäuden und anderen untergeordneten Bauten Anwendung, sowie auch dann, wenn einzelne Theile eines aufzuführenden Gebäudes sich an bereits vorvorhandene Nachbargebäude anschliessen sollen und eine Wasserableitung nach der Seite des Nachbars nicht gestattet ist. In hygienischer Beziehung kommt dabei nur in Betracht, dass es unzweckmässig ist, zwischen einem Dache und einer höheren Wand eine Wasserrinne anzubringen, aus dem einfachen Grunde, weil die Rinne

undicht werden und das Wasser in das Gebäude eindringen kann; durch ein entsprechendes Pultdach kann aber die Anordnung eines Wassersackes vermieden werden.

Das Satteldach mit hohem überbautem Giebel, war für das mittelalterliche Haus bis in die Zeit der Renaissance allgemeine Norm und bis in unser Jahrhundert sehr bevorzugt, aber in hygienischer Beziehung war es insofern eine beständige Gefahr, weil die Häuser auch in den Strassenreihen mit der Schmalseite in die Front, mit der Langseite nach der Tiefe gestellt wurden; bei den mangelhaften Hülfsmitteln für Rinnenanlagen liess man für die Traufen schmale Zwischenräume (die sogen. Winkel, Ehegräben, Reihen und Traufrecht), die ihrer Enge und Verborgenheit halber ein Sammelplatz für allen möglichen Unrath (Hausabfälle, Excremente u. s. w.) und in Folge davon, sowie wegen der beständigen Feuchtigkeit und Unzugänglichkeit für lebhaftere Luftströmungen und directe Sonnenbestrahlung oft auch einen Herd für Infectionskrankheiten darstellten. Gegen diese überkommenen sanitären Missverhältnisse haben die Sanitätsbeamten in älteren Städten und namentlich auf dem Lande heute noch zu kämpfen. Die Neuanlage solcher „Winkel" oder „Ehegräben" muss der Arzt überall, auch in der kleinsten Landgemeinde im allgemeinen gesundheitlichen Interesse als absolut unzulässig erklären. Welch' grauenhafte Zustände in solchen „Reihen" oder „Winkeln" oft Jahrzehnte lang unbeachtet oder doch wenigstens ungeahndet bestehen, zeigt folgender im Amtsblatt des K. Bayer. Staatsministerium des Innern (No. 41. München, 7. Nov. 1892)[1]) mitgetheilter Fall:

Der Angeklagte X. S. in G. ist Besitzer des an der Hauptstrasse daselbst gelegenen Wohnhauses No. 73. Zwischen diesem und dem daneben befindlichen Wohnhause der T. H., Haus No. 72, besteht eine die beiden Gebäude trennende sogen. Reihe, d. i. ein schmaler, gegen die Strasse zu durch ein Thürchen abgeschlossener Hofraum-Streifen, der entsprechend der Länge der Gebäude, ungefähr 11 Meter lang ist, und eine ungleiche Breite von circa 1,7 bis 1,35 Meter hat.

Am rückwärtigen Ende dieser Reihe, aber noch in der Reihe selbst, befindet sich am Hause des Angeklagten „ungefähr 4 Meter über dem „Erdboden ein aus Brettern gezimmerter Abort. Dieser Abort, der schon „seit unbestimmt vielen Jahren in Gebrauch steht, hat weder einen Schlauch „bis zum Boden, noch befindet oder befand sich jemals bei dieser Ab„trittvorrichtung eine ausgemauerte oder überhaupt eine Grube, welche

1) Auszug aus dem Urtheil des kgl. Oberlandesgerichtes München vom 6. October 1892 in der Anklagesache gegen X. S. in G. wegen Uebertretung gesundheitspolizeilicher Vorschriften.

„das Eindringen von Flüssigkeiten aus dem Aborte in die Erde und eine „Verunreinigung des in der Nähe befindlichen Pumpbrunnens (!) ver„hindern würde; es fällt vielmehr der Unrath von diesem Abtritte frei „auf den Boden der Reihe (!), die an dieser Stelle eine Breite von 1,7 „bis 1,10 Meter hat. Die im Erdgeschosse der T. H. eingerichtete Küche „befindet sich in unmittelbarer Nähe dieser Lagerung von Fäcalien (!). „In dieser Küche ist ein Pumpbrunnen, der von dieser Fäkalienablage„rung nur höchstens 3 Meter entfernt und nur sehr unvollkommen gegen „das Eindringen flüssiger Abfallstoffe von der Oberfläche her geschützt „ist (!). Aus dieser Küche rinnt, ungefähr 2½—3 Meter von der Stelle, „wo der Abortunrath sich befindet, entfernt, näher der Strasse, eine „Abwasserablaufrinne in die Reihe. Das hieraus in die Reihe rinnende „Wasser fliesst gegen die Strasse zu in einen bei dem obenerwähnten „Thürchen angebrachten Abfallschacht."

Die schauerlichen Zustände, welche sich namentlich nach einem Regentage, wenn sich Fäcalien und Küchen-Abwasser gemischt über den Boden ergiessen, in einem solchen „Winkel" entwickeln und ihre bedenklichen Folgen, bedürfen keiner Schilderung. Hervorgehoben muss aber werden, dass solche Zustände noch jetzt bestehen, obgleich die Bauordnung vom 30. August 1877 die Bestimmung enthält: „Winkel und sogenannte „Reihen" zwischen den einzelnen Bauten müssen, wo nur immer möglich, vermieden, unter allen Umständen aber so gepflastert werden, dass ein entsprechender Wasserablauf ermöglicht ist. Vorrichtungen zur Einleitung des Inhaltes von Abtritten in solche Reihen sind unzulässig und zur Ableitung von Schmutzwasser nur dann erlaubt, wenn eine hinreichende Spülung mit reinem Wasser bewirkt werden kann."

Der Angeklagte kam mit einer Geldstrafe von 5 Mark, wegen Uebertretung gesundheitspolizeilicher Vorschriften davon und hatte den Muth gegen dieses Urtheil Berufung einzulegen, wahrlich Beweis genug, wie schlimm es mit den Salubritätsbegriffen der Bevölkerung vielerorts noch bestellt ist und was für Wohlthaten man da von seinen Nachbarn zu erwarten hat.

Wer auf dem Lande oder in kleinen Städten gewohnt hat, weiss was diese „Winkel" oder „Ehegräben" in moralischer Beziehung bedeuten und dass darin von Jung und Alt Vieles geschieht, was nicht gesehen werden darf, so dass die Bezeichnung „Ehegräber" vielleicht besser angebracht wäre.

In vielen kleinen Städten sind diese Winkel oder Ehegräben noch in grosser Zahl zu finden. So hat z. B. fast jedes Haus der Hauptstrasse in Ingolstadt einen solchen Winkel, welcher gegen die Strasse zu bis über Kopfhöhe durch Bretter verdeckt und den Blicken der Vorübergehenden entzogen ist. Wer sich die Mühe gibt, solche Winkel zu besichtigen, wird finden, dass dieselben in der Regel die Sammelstätten grauenerregenden Unraths sind.

In den meisten neueren Bauordnungen sind die Winkel oder Reihen mit Recht verboten. Auch die normale Bauordnung von

R. Baumeister[1]) enthält die Bestimmung: „Sogenannte Winkel oder Schluchten zwischen nachbarlichen Gebäuden sind verboten, vorhandene Winkel bei Gelegenheit eines Umbaues bis zur Eigenthumsgrenze mit zu bebauen."

Auch das Mansarddach bietet in mannigfacher Beziehung hygienisches Interesse. Es soll, wie schon erwähnt, zuerst von François Mansard (nach Anderen schon früher von de Clagny) im alten engen Paris, des beschränkten Raumes halber ausgeführt worden sein, bis es im vorigen Jahrhundert mitsammt der Herrlichkeit des Zopfes unterging, um in den fünfziger Jahren des 19. Jahrhunderts wieder aufzutauchen. Offenbar hatte das Mansarddach ursprünglich den Zweck, im Dachraum noch Wohnzimmer zu gewinnen. Wenn in einer engen Strasse, für welche ein äusserstes Höhenmaass der Dachgesims-Oberkante vorgeschrieben ist, eine noch höher liegende Etage mit Wohnräumen hergestellt werden soll, so geschieht dies am einfachsten durch die Anlage eines Mansarddaches. Man wählt dann die untere Dachneigung so steil als möglich (für Berlin ist ein Winkel von 60° vorgeschrieben), damit die Strasse nicht zu sehr des Lichts und der Luft beraubt werde.

Es wird behauptet, dass das ein halbes Jahrhundert lang ausser Gebrauch gewesene Mansarddach in neuerer Zeit hauptsächlich deshalb wieder vielfach Anwendung gefunden habe, weil die baugesetzlichen Verordnungen in den Städten die Höhe der Wohnzimmer bis zum Dachsaume, sowie die Anzahl der Stockwerke vorschreiben und das Mansarddach ein Mittel an die Hand gibt, diese Vorschriften zu umgehen, indem man im Dachraume selbst noch ziemlich bequeme Wohnräume einrichten kann. Dass dies vorkommt, unterliegt keinen Zweifel, so theilt z. B. Klasen[2]) einen Fall mit, bei welchem oberhalb des Hauptgesimses, hinter der Balustrade versteckt, noch Fenster zur Beleuchtung von Wohnräumen angebracht und ausserdem über diesen Räumlichkeiten noch Wohnzimmer in dem steilen Mansarddach vorhanden sind. Diese Anordnung bezweckt offenbar eine Umgehung der polizeilichen Bauordnung, die eine bestimmte Höhe bis zum Hauptgesimse vorschreibt, während der Bauherr hier über diese Höhe hinaus bauen wollte.

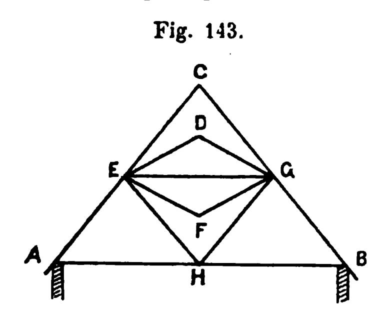
Das Mansarddach Fig. 143 (A, E, D, G, B), welches, ohne dass die Mauern erhöht werden müssen, eine weitere Etage schafft, hat anderen Dachformen gegenüber verschiedene Vortheile, unter Um-

1) Wiesbaden, C. W. Kreidel's Verlag. 1880. S. 81.

2) Handbuch der Holz- und Holzeisenconstructionen des Hochbaues. Leipzig Verlag von Arthur Felix. 1877. S. 109.

ständen aber auch sehr wesentliche Nachtheile. Die diesbezüglichen Verhältnisse lassen sich durch Fig. 143 leicht veranschaulichen. Da der obere Theil des Mansarddaches abgeflacht ist (E, D, G), so hat das Dach geringere Höhe und viel weniger Umfang, als ein bis zur Firstlinie in gerader Linie geführtes Dach (E, C, G), welch' letzteres zudem sehr hohe Kamine erfordern würde. Manchmal wird das Mansarddach als Doppeldach (A, E, F, G, B) ausgeführt, wobei aber eine centrale Rinne entsteht, die mannigfache Unzukömmlichkeiten im Gefolge hat, namentlich die, dass sich der Wind fängt und den Zug in den Kaminen verringert.

Fig. 143.



Eine andere Modification dieser Dachform besteht darin, sie in Form zweier gleicher Giebel (A, E, H, G, B) auszuführen, was denselben Nachtheil in erhöhtem Maasse und den weiteren hat, dass die Raumausnützung sehr beeinträchtigt ist.

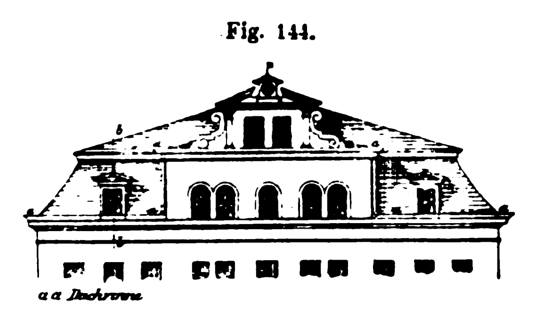
Eine sehr praktische und bequeme Form des Mansarddaches besteht darin, die Seiten steil zu machen und sie in einer horizontalen Fläche auslaufen zu lassen (A, E, G, B). Diese Dachform war im 18. Jahrhundert (Queen Anne architecture) in England sehr beliebt; die horizontale Fläche wurde mit einer Ballustrade oder mit einem Gitter umgeben. Wird diese Fläche als Holzcementdach ausgeführt, so vereinigt das Dach die ökonomischen Vortheile des Mansarddaches mit den hygienischen des Holzcementdaches, welch' letzteres namentlich auch der Wärmeökonomie der Mansardzimmer zu Gute kommt, die bei der gewöhnlichen Ausführungsart im Winter sehr kalt, im Sommer sehr heiss sind. Die erwähnten Nachtheile einer centralen Rinne sind vermieden, die Raumausnützung ist die denkbar beste, ohne zu grosse Höhe, das Dach ist für Reparaturzwecke leicht zugänglich und kann zum Aufenthalt im Freien benützt werden, namentlich wenn zum Schutze gegen Wind und zugleich als architektonischer Schmuck ein pavillonartiger Aufbau in der Mitte angebracht wird.[1]

Das Mansarddach ist ein zurückgestztes Obergeschoss, dessen Vorderseite der besseren Abwässerung wegen, als Dachfläche ausgebildet ist. In hygienischer Beziehung ist das Zurücksetzen des Obergeschosses, besonders in geschlossener enger Strasse, entschieden ein Vortheil, insofern dadurch der Strassenraum nach oben eine Erweiterung erfährt, durch welche Licht und Luft freieren Eintritt ge-

1) J. Stevenson, House Architecture. London 1880. vol. II. p. 203.

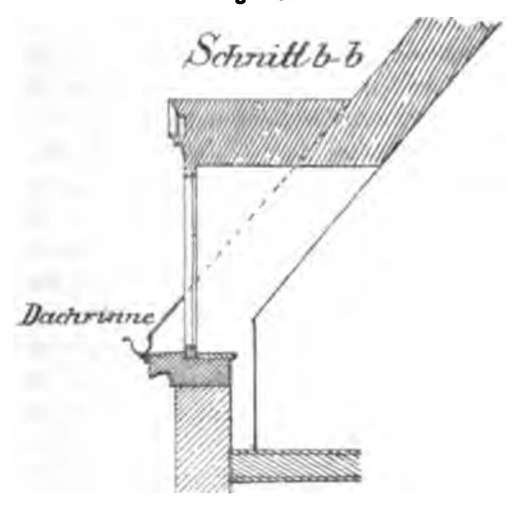
winnen. Andererseits aber bietet die Mansarde dem Bewohner die verlockende Gelegenheit, sich verschiedener Abwässer der Hauswirthschaft, namentlich des Waschwassers, des Urins u. s. w. rasch, bequem und mühelos durch Ausgiessen auf die vor dem Fenster befindliche Dachfläche zu entledigen. Dieser weitverbreitete Unfug ist nicht nur eine Unannehmlichkeit für die Bewohner benachbarter Mansarden, sondern eventuell auch eine Gefahr für die Gesundheit. Wenn dies auch kein Grund ist, die Mansarde ganz zu verbieten, so sollte dieselbe doch so hergestellt werden, dass das Ausgiessen von Flüssigkeiten auf die Dachfläche nicht möglich ist.

Fig. 144.



Giebelaufbau beim Mansarddach.

Fig. 145.



Besonders bedenklich sind die in Fig. 143 u. 144 skizzirten **Giebelaufbauten**, durch welche noch Wohnräume über den Mansardenwohnungen geschaffen werden. In manchen Städten trifft man diesen Giebelaufbau bei Mansarddächern sehr häufig an. Die beiden Abbildungen illustriren die in Betracht kommenden Verhältnisse bei einem neuen Wohngebäude in der Leopoldstrasse in München. Das Schlimmste ist, dass den Bewohnern des Giebelbaues weder Fallrohre (Abwasseranlagen) noch Abtritte zur Benutzung stehen. Die nächsten Abtritte sind in dem betreffenden Hause bei den Mansardenwohnungen, also eine Stiege unterhalb, aber für die Bewohner des Dachaufbaues nicht benutzbar. Dieselben müssten vielmehr alles Abwasser und die Excremente in Behältern sammeln und 5 Stiegen abwärts in den Hofraum transportiren, was selbstver-

ständlich nicht geschieht. Excremente und Abwasser werden einfach auf das Dach und in die Dachrinne erleert und sie müssen nun, wie aus Fig. 144 ersichtlich ist, vor den Fenstern der Mansardenzimmer vorbeifliessen. Fig. 145 lässt ersehen, dass diese das Abwasser u. s. w. führenden Dachrinnen unmittelbar vor den Mansardenfenstern angebracht sind.

Welch schauerliche Zustände hierdurch, namentlich in der warmen Jahreszeit herbeigeführt werden, davon konnte ich mich überzeugen, als ich von den Bewohnern der Mansardzimmer des unerträglichen Gestankes wegen zu Rathe gezogen wurde. Derselbe war so stark, dass sogar die Bewohner des dritten Stockwerkes darunter zu leiden hatten. Die ganze horizontale Dachrinne enthielt ein, mehrere Centimeter hohes Depot von stinkendem Schlamm, bei welchem ein deutlicher ammoniakalischer Geruch, von zersetztem Harn herrührend, vorherrschte. Der Schlamm enthielt 26,25 Proc. Wasser, und die Trockensubstanz in 100 Grm. 0,36 Grm. Chlor und 0,031 Grm. Ammoniak.

Solche Giebelaufbauten über den Mansarden sollten in jeder Bauordnung besonders erwähnt und verboten werden. Dies ist in den Münchener baupolizeilichen Vorschriften der Fall, wo § 53 lautet: „Wohnungen sind im Dachraume nur unmittelbar über dem letzten Stockwerke zulässig und müssen in ihrer Construction den Vorschriften der Bauordnung über Wohnräume in den Stockwerken entsprechen."

Als weiterer Nachtheil der Mansarde ist die grosse Feuergefährlichkeit derselben zu erwähnen. Sie bietet der Flamme in breiter Fläche ein hölzernes, steiles, aus Sparren, Streben, Schallbrettern, Wellern und Latten gefügtes Gerüste dar, das nur durch eine dünne Decke von Zinkblech als gutem Wärmeleiter oder Schiefer, der auch leicht glühend wird, nach Aussen abgeschlossen ist.

Ein Feuer in der Nachbarschaft findet hierin, wie sich beim Brand von Chicago zeigte, die günstigsten Bedingungen zur Weiterverbreitung.

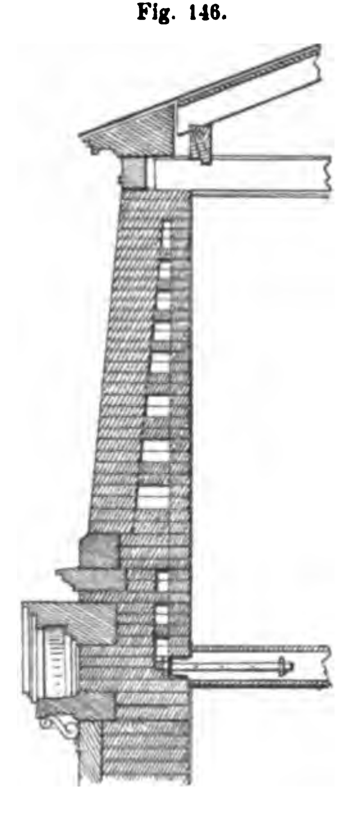
Um diese Gefahr zu beseitigen, hat R. Klette [1]) den Vorschlag gemacht, den unteren Theil der Mansarde, nebst dem Hauptgesims anstatt aus Holz, massiv aus Stein oder Ziegeln herzustellen. Da aber bei der verhältnissmässigen Schwäche, in welcher die Mansardenmauer als Obergeschoss ausgeführt werden müsste, die dahinter liegenden Räume schwerlich eine trockene Vorderwand behalten würden, so ist es nöthig, diesen Mauertheil mit Hohlraum auszuführen,

1) Cf. A. Menzel, „Das Dach", S. 79. Halle a. S. 1884. Vlg. v. Wilh. Knapp.

was sich ja für alle Umfassungsmauern empfiehlt und schon für Mauern von 1 Stein Stärke zulässig ist.

Fig. 146 zeigt eine solche massiv aus Ziegeln hergestellte Mansarde im Querschnitt. Der untere Theil erhebt sich über der Frontwand des nächst unteren Geschosses in, nach der angenommenen Neigung zurückgesetzten Schichten. Wenn der Kopf der Mauer dadurch so weit über die innere Schichte der Stützmauer zu stehen kommt, dass die Stabilität der Mauer nicht gesichert scheint, so wird von Scheidewand zu Scheidewand, die entweder ganz oder nächst der Umfassung massiv sind, ein I-Träger gelegt, der einerseits die Balkenköpfe aufnimmt, andererseits die Halbsteinwand trägt, die das Zimmer senkrecht abschliesst und einen Hohlraum zwischen sich und der Mansardenwand lässt, mit ihr vereint aber die obere Balkenlage aufnimmt, auf welcher das Dach ruht.

Fig. 146.



Die Vortheile, welche die Hohlmauer für die den Witterungseinflüssen ganz besonders exponirte Mansarde hat, bedarf nach dem früher (S. 129 ff.) Gesagten keiner Erörterung, zumal bei dieser Construction auch die Verunreinigung der Dachflächen durch Hausabwasser unmöglich ist.

Das Shedsdach.

Das Princip des Shedsdaches, welches in der Industrie (Baumwollspinnerei, Maschinenfabrikation u. s. w.) indirect, durch die Möglichkeit der Ueberspannung ungeheuerer Breiten mittelst Dächern, so ausserordentliche Arbeitseffecte ermöglichte, dürfte voraussichtlich in Zukunft auch beim Wohnhausbaue Verwendung finden.

Manche sind der Ansicht, dass das Shedsdach und die durch dasselbe leicht ermöglichte Oberlicht- resp. hohe Seitenlicht-Beleuchtung noch eine weit gehende Revolution im Wohnhausbaue bewirken werde, wie es dieselbe bei den Industriebauten schon zuwege gebracht hat.

Nach den in vielfacher Beziehung sehr beachtenswerthen Be-

trachtungen von A. WOLF[1]) hat die Oberlicht-Beleuchtung den Vortheil, dass sie nicht von der räumlichen Dimensionirung und den Raumverhältnissen unter einander abhängt und auch nicht von der Lage der Wohnung nach den Weltgegenden. Sie gestattet ferner unter allen Fenstersystemen die intensivste Beleuchtung, die Sonnenstrahlen durchdringen den Raum in allen Richtungen, so dass man im Gegensatz zu der Seitenbeleuchtung unserer im Norden verhältnissmässig niedrigen Räume an allen begangenen Stellen eines Zimmers, in der Augenhöhe eine helle Lichtregion hat, während bei der Seitenbeleuchtung die Lichtregion der Augenhöhe nur in der Nähe der Fenster intensiv ist und über die Grenze des den oberen Fenstersturz streifenden Lichtstrahls (im Sinne der Zimmertiefe) hinaus Halbdunkel herrschen muss und die Sonnenstrahlen nicht eindringen mit ihrer sanitär so bedeutungsvollen Wirkung. Zugleich wird das natürliche Vorbild der Sonnenbeleuchtung im Freien durch den Effect beim Oberlicht beinahe erreicht, also keinerlei ungünstige Beeinflussung des Auges verursacht, welches für den besagten Vorbildeffect sich entwickelt hat.

Die Oberlichten und hohen Seitenlichten gewähren dem Bewohner den Anblick des Firmaments mit der Sonne, den Sternen und dem Monde, die Zimmer mögen situirt sein wie immer in Bezug auf Himmelsrichtung.

Endlich ist bei Oberlichterleuchtung kein Luftzug wie bei schlecht schliessenden Seitenfenstern möglich.

Während horizontalliegende Fenster oder Glasdächer beim Wohnhausbaue der Schneeverwehung u. s. w. wegen nicht anwendbar sind, ist bei den Shedsdächern die eine Dachrösche des Satteldaches, die fast vertical gestellt wird, für die Fensterlichten bestimmt, die andere Rösche des Satteldaches dagegen bleibt mit der dem Eindeckungsmaterial entsprechenden Dachneigung, der Dacheindeckung gewidmet. Hierdurch wird das Oberlicht zu einem hohen Seitenlicht und wird die Möglichkeit geboten, das Licht aus jener Himmelsrichtung aufzufangen, welche die gewünschte Lichtitensität bietet.

Die Unabhängigkeit der gewünschten Beleuchtung von der Richtung der Gebäudefronten ist dabei vollständig, umsomehr als die Regenwässer direct nach abwärts geleitet werden.

Das zwischen Mauern eingebaute Wohnzimmer würde also vermittelst des Shedsdaches, von jeder beliebigen Himmelsrichtung Licht

1) Der bauliche Comfort des Wohnhauses mittlerer, nördlicher Breiten, sein Wesen und die baulichen Mittel zu seiner Verbreitung. Prag 1881. S. 92 und 167—169.

erhalten können, ohne dass im Winter das Verlegen der Fenster mit Schnee zu befürchten wäre. Ferner kann das Wohnzimmer hoch von der Seite erleuchtet werden, ohne gegen die üblichen Zimmerhöhen verstossen zu müssen, wenn es in der gewöhnlichen Deckenhöhe eine separate Glasdecke erhält.

Wolf glaubt, dass, wie einst in der antiken Zeit im Süden, jetzt im Norden durch den Gedanken der Oberlichtanwendung, das ebenerdige Wohnhaus zu Nutz und Frommen der Familie wieder zu Ehren kommen könne, wenn auch auf ganz anderen Prämissen fussend als damals.

Die Shedsbauten, welche die Bestimmung haben nach zwei Dimensionen unbeschränkt grosse Räume zu überdachen und deren Wesenheit in der Beleuchtung durch hohes Seitenlicht culminirt, bieten in dieser Beziehung eine grosse Aehnlichkeit mit dem Princip der Basilika, selbst bis auf die deckentragenden Säulenstellungen. Sie lassen sich, wie die nebenstehenden Skizzen zeigen, leicht für den Wohnungsbau verwerthen und auch die künstlerische Durchbildung des Aeusseren, wie auch der inneren Räume lässt sich ohne Schwierigkeiten bewerkstelligen, gleichviel ob man den Raum unterhalb eines Shedsdachelementes, welches aus zwei geneigten Dachröschen besteht, wovon die eine durchsichtig, die andere als Decke construirt ist, abgemauert denkt an Stelle der stützenden Säulen, oder ob man die Abmauerung hinter den zwei stützenden Säulenreihen vollzogen denkt.

Fig. 147.



Fig. 148.



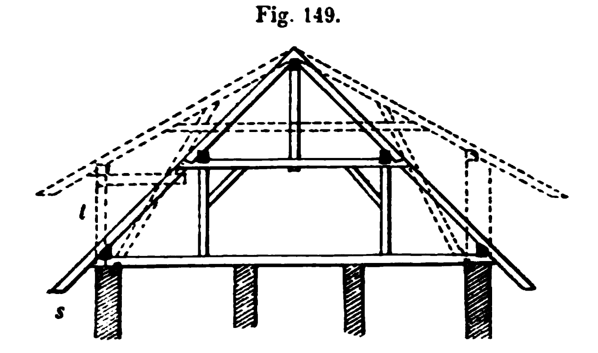
Im ersteren Falle erhält man (Fig. 147) ein nach oben in einem steilen Bogen verlaufendes Gemach mit geradem Deckenabschluss unterhalb der Verschneidungslinie der geschwungenen Deckenflächen, von welchen die eine die Wetterschutzfläche, die andere die Beleuchtungsfläche ergeben wird.

Im zweiten Falle (Fig. 148) erhält man den Eindruck einer einseitig beleuchteten Basilika, deren der Beleuchtung gewidmeter Mitteltheil wie im ersten Falle abgeformt ist und deren Nebenräume hinter den zwei Säulenreihen niedriger mit geraden Decken versehen sind.

Solche Wohngemächer können natürlich an malerischen Lichteffecten reich sein, durch die verschieden geneigten Abschlussflächen und den gewaltigen Lichtstrom im Gegensatz zu den mannigfachen Schattenmodulationen, und dem Auge kann ausser dem Anblick des sonnigen oder gestirnten Himmelsgewölbes Alles geboten werden, was sein Bedürfniss nach Ruhe oder Licht und Farben erfordert. Dieser Lichtstrom hat den enormen Vorzug, dass er immer von jeder gewünschten Himmelsrichtung hergeleitet werden kann, die eine sanitäre Qualification des Raumes oder eine praktische Bestimmung desselben vorschreibt und dass er durch keine dunkeln Pfeilerintervalle getrennt ist, wie sie durchbrochene Mauermassen fordern. In dem Capitel Beleuchtung des Wohnhauses wird die Anwendung des Shedsdaches beim Wohnhausbaue noch eingehendere Berücksichtigung finden.

Von anderen Dachwerken sind noch die sogenannten Trempeldächer zu erwähnen. Wenn bei Dächern mit geringer Steigung

Fig. 149.



die Sparren, Fig. 149 (*s*), in die Dachbalken eingezapft werden, so erhält man einen sehr niedrigen Dachbodenraum.[1]) Um nun diesem auch bei flachen Dächern eine für die Benutzung hinreichende Höhe zu geben, werden die Fussenden der Sparren 1 bis 2 Meter höher als die Dachbalkenlage auf eine Trempelwand (*t*) gelegt. Für Familien- und Arbeiterhäuser sind namentlich die Trempeldächer in

1) Der dunkle Raum unmittelbar unter den Sparren (*s*) bildet meist eine Sammelstätte für Schmutz und alle möglichen, werthlosen, oft inficirten Gegenstände, welche das Licht fürchten.

der Form des ausgebauten Halbgeschosses zu empfehlen, da dieselben, was für diese Art Häuser von grosser Wichtigkeit ist, sehr viele bewohnbare Räumlichkeiten und dabei die grössten ökonomischen Vortheile gewähren. (Näheres über dieselben in MENZEL „Das Dach“, Halle 1884, S. 70 u. 71.)

II. Die Eindeckung der Dächer.

(Die Bedachungen.)

Da in hygienischer Beziehung beim Dache hauptsächlich die Eindeckung, welche die Function des Daches, den Schutz nach oben gegen die atmosphärischen Einflüsse zu erfüllen hat, in Betracht kommt, so dürfen hier diejenigen constructiven Vorrichtungen, welche an dieser Function nicht theilnehmen, sondern neben der Formgebung nur zur Unterstützung, oder als Träger der Eindeckung dienen, also das Dachgerüste, oder das Dachwerk, ausser Acht gelassen werden, wobei aber betont werden muss, dass auch die Einsicht in die Construction der Dachwerke, namentlich mit Rücksicht auf die Raumausnutzung, hygienisches Interesse bieten kann.

1. *Rohr- und Strohdächer.*

Stroh ist ein sehr gutes Deckmaterial und dabei pittoresk und gemüthlich in der Erscheinung. Rohr- oder Strohdächer sind sehr schlechte Wärmeleiter, da sie gleichsam ein System von abgeschlossenen Luftsäulen repräsentiren, welche ihrerseits wieder von der zwischen den Halmen befindlichen Luft umgeben sind. Diese Dächer lassen daher im Sommer die Insolationswärme, im Winter die Kälte nicht leicht durchdringen und schützen die Innenräume des Hauses vor zu starker Erwärmung und Abkühlung. Da dieselben auch von gewöhnlichen Arbeitern leicht hergestellt werden können und, wo das Material reichlich zur Verfügung steht, wenig Kosten verursachen, so wird man in gewissen Fällen (bei provisorischen Gebäuden im Krieg und auf Kolonieen u. s. w.) vom Strohdache mit Vortheil Gebrauch machen. In den Städten aber und selbst in Gebirgsdörfern, wo sie namentlich bei landwirthschaftlichen Gebäuden die besten Dienste leisteten, werden sie ihrer grossen Feuergefährlichkeit halber mehr und mehr durch feuersichere Bedachungen verdrängt. Die Arbeit ist zudem theuer geworden und das Stroh ist den Transport werth, so dass Strohdächer jetzt nur noch Luxusgegenstände für Wirthschaftsgebäude oder Gartenhäuser reicher Villen sind. Das Strohdach hat übrigens auch noch andere Nachtheile: es muss von

Jahr zu Jahr ausgebessert und bald erneuert werden, es ist ein Unterschlupf für Insecten, Ratten und Mäuse und wird durch Sturm derangirt oder ganz mitgenommen. Es thut einem weh, die pittoresken Strohdächer auf den Bauernhäusern des Hochgebirges durch glänzende, schwarze Dachpappe ersetzt zu sehen, aber die Einwohner haben einen Vortheil davon.

2. *Das Ziegeldach.*

Die grosse Beliebtheit, welcher sich das einfache Ziegeldach von jeher erfreute, beruht darauf, dass seine Masse schöner rother Farbe auch einfachen und schmucklosen Gebäuden Würde verleiht. Stevenson[1]), der das Ziegeldach aus ästhetischen Gründen allen anderen vorzieht, rühmt ebenfalls das schöne, lichte Roth der Ziegel, welches durch die von Flechten und Moosvegetationen erzeugten, zarten Nuancirungen von Schwarz und Grün unterbrochen, eines der schönsten Farbenbilder der Architektur darstellt. Flechten und Moos gedeihen aber nur bei reiner, rauchfreier Luft, so dass diese Vegetationen auf den Dächern immer ein günstiges Zeichen für die Salubrität der Stadtluft sind. Die Ziegelfabrikation ist eine Kunst. Oft sind die Ziegeldächer so schlecht, dass sie das Wasser durchlassen und das Haus durchkälten, anstatt es warm zu halten. Dies hängt einestheils vom verwendeten Rohmaterial, hauptsächlich aber von der Sorgfalt beim Brennen ab. Je nach dem Grade des Brandes ist, wie später gezeigt wird, die Porosität und Wassercapacität der Ziegel sehr verschieden. Es gibt Ziegel, welche fast kein Wasser, und solche, welche ihr ganzes Gewicht an Wasser aufsaugen, so dass das Dach die ganze Wassermenge eines starken Regens absorbiert, ohne dass auch nur ein Tropfen in die Dachrinne fliesst. Das Gewicht des Daches wird hierdurch erheblich erhöht und das Haus durch die nachherige Verdunstung geradezu in einen Refrigerator verwandelt.

Die Function der Ziegel ist auch je nach der Form sehr verschieden.

a. Eindeckung mit Dachzungen (= Flachwerksziegeln oder Biberschwänzen).

Bei der Eindeckung mit Dachzungen oder Flachwerksziegeln unterscheidet man 1) das einfache oder Spliessdach, 2) das Doppeldach und 3) das Kronen- oder Ritterdach.

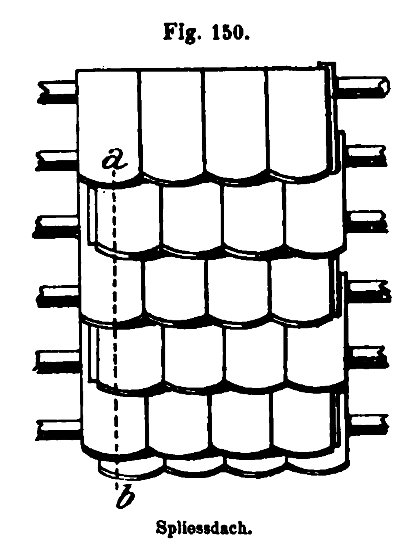
Die Dachzungen müssen bis zum Sintern des Materials gebrannt sein, um das Eindringen von Wasser zu verhüten. Da die Poren

1) J. J. Stevenson: House Architecture. vol. II. p. 207 etc.

sich nach und nach mit Staub ausfüllen, so saugen die weniger hartgebrannten, poröseren Steine umsoweniger Wasser ein, je älter sie sind. Das auf der Oberfläche der Steine sich leicht ansetzende Moos ist dem raschen und ungestörten Wasserabfluss hinderlich.

Das einfache oder Spliessdach (Fig. 150) ist das leichteste und billigste, aber auch das am wenigsten dichte Ziegeldach, wesshalb es nur zu untergeordneten Gebäuden verwendet wird.

Fig. 150.



Spliessdach.

Die zungenartigen, platten Dachsteine geben ein schuppenartiges Dach. Die Steine selbst werden durch Aufhängen an den Latten vermittelst der an den Unterflächen befindlichen Nasen befestigt. Diese Dachsteine geben nur dann eine brauchbare Eindeckung, wenn sie möglichst eben, namentlich aber nicht windschief oder hohl sind. Weiterhin ist es nothwendig, die Dachziegel vor der Eindeckung zu sortiren und die besten auf der Wetterseite zu verlegen.

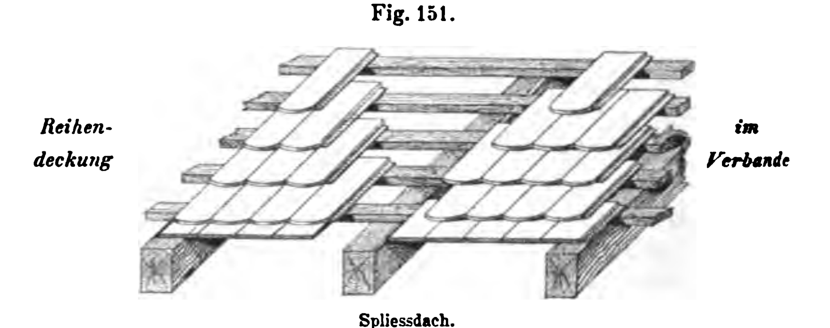
Da das Material sehr billig ist, so ist es am vortheilhaftesten für das Dach, nur fehlerfreie Dachziegel zu benutzen und die schlechten weg zu werfen. Beim Eindecken muss jeder einzelne Dachziegel, ehe er eingehängt wird, „ausgeklungen" werden, indem man mit der Kelle daranschlägt und nach dem hellen und reinen Klang beurtheilt, ob derselbe einen Riss hat oder nicht. Ist derselbe schadhaft, so muss er unter allen Umständen beseitigt werden.

Da, wo die einzelnen Steine zusammenstossen, werden die sogen. hölzernen, tannenen, 34 Cm. langen, 5 Cm. breiten Dachspliesse verlegt, von denen das Dach seinen Namen hat. Ihrer leichten Vergänglichkeit halber werden dieselben in neuerer Zeit vielfach durch Dachpappen- oder Zinkstreifen ersetzt. Sie haben den Zweck, das durch die Stossfugen eindringende Wasser aufzufangen oder abzuleiten.

Die Eindeckung erfolgt entweder durch Reihendeckung (Fig. 151 links) oder im Verbande (Fig. 151 rechts). In letzterem Falle liegen die Steine so, dass die Mitte jedes nächstoberen Steines auf die Fuge der nächst unteren Schicht kommt, woraus der Uebelstand entsteht, dass das herunterfliessende Wasser sich allemal zu Tropfen an dem

untersten Punkte der Abrundung der Dachsteine sammelt und also jedesmal die darunter befindliche Fuge entlang fliesst, in Folge dessen diese Fugen ausgewaschen und die Dächer leicht undicht werden. Es ist desshalb besser die Reihendeckung anzuwenden (Fig. 151

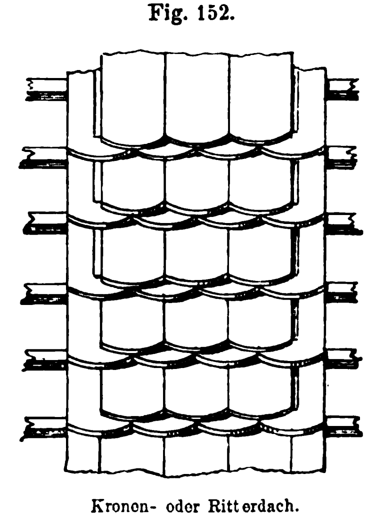
Fig. 151.



Spliessdach.

links), oder aber die Steine so in Verband zu legen, dass sie (wie in Fig. 150) etwas aus der Mitte rücken, damit das Wasser, welches nach der punktirten Linie *a b* ablaufen wird, die Fugen nicht auswaschen kann.

Fig. 152.



Kronen- oder Ritterdach.

Beim Doppeldach überdecken sich die Steine dreifach und es werden hierdurch die Dachspliesse überflüssig. Dasselbe ist zwar sehr dicht, lässt aber Reparaturarbeiten schwer zu, weshalb es nur mit wetterfesten Steinen eingedeckt werden sollte, und ist, da es sehr viele Latten und Nägel erfordert, am theuersten.

Das Doppeldach wird deshalb fast gar nicht, sondern meistentheils das Kronen- oder Ritterdach (Fig. 152) ausgeführt, bei welchem die Latten weiter auseinander liegen als beim vorigen, die Spliessen ebenfalls wegfallen und die Dachsteine sich fast ganz überdecken. Das Kronendach ist das sicherste und beste von allen drei Arten und auch leicht zu repariren. Es empfiehlt sich nach dem Sortiren die minder gut gebrannten Steine zu den untersten Lagen zu benutzen.

Die Eindeckung der Firste erfolgt durch Hohlsteine, welche voll

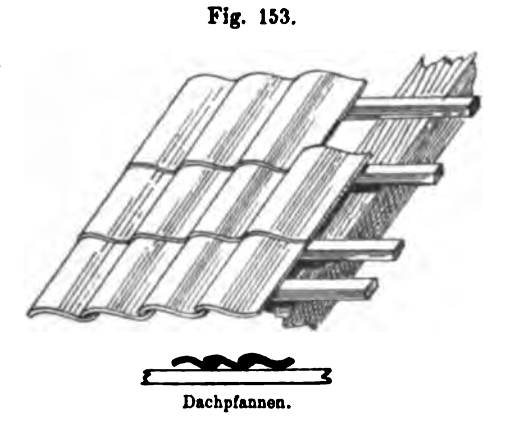
in Mörtel verlegt und an den Kanten dicht verstrichen werden müssen, damit weder Regen noch Schnee durchdringen kann.

Bei allen drei Arten ist die böhmische Eindeckung, bei welcher die Dachsteine, anstatt blos auf die Latten gehängt, förmlich in Mörtel eingemauert werden, die beste, dichteste und dauerhafteste.

b. Eindeckung mit Dachpfannen.

Fig. 153 erfolgt dadurch, dass die Dachpfannen mit Nasen derart auf Latten gehängt werden, dass die Krempe der einen Pfanne seitwärts über die Kante der nebenliegenden Pfanne greift.

Fig. 153.



Dachpfannen.

Die Fugen werden mit Mörtel, dem Kälberhaare beigemischt sind (Haarkalk), verstrichen, was aber fast alljährlich erneuert geschehen muss, so dass die Unterhaltungskosten ziemlich bedeutend sind. Die Pfannendächer sind wesentlich leichter als Kronen- und Doppeldächer und können ebenso gut und dicht wie diese hergestellt werden, vorausgesetzt, dass die Pfannen gerade und nicht windschief sind, dass jede derselben beim Eindecken scharf eingesetzt und zu diesem Behuf die lange Kante jedes einzelnen Steines mit dem Hammer behauen (geschärft) wird, so dass möglichst scharfe Seitenfugen (Krempen) entstehen. Dadurch geht zwar die Arbeit langsamer von statten und wird theuerer, das Dach hält aber auch dreimal so lange als bei gewöhnlicher Eindeckung und es wird die Hälfte an Kalk erspart.

Stevenson[1]) rühmt das Aussehen der Pfannendächer und sagt: „Ich kann nicht das Vorurtheil gegen die alten, rothen Dachpfannen theilen, welche früher ihrer Billigkeit halber vielfach angewendet wurden, jetzt aber für ordinär gehalten werden. Sie haben die Grundlinie eines beliebten griechischen Ornamentes und sind gewiss schöner als viele phantastische, neue Erfindungen. Eine reizende Wirkung wurde bei einigen alten englischen Häusern mit Mansarddächern erzielt, deren steilere, untere Fläche mit flachen Ziegeln gedeckt ist, der darüber liegende flache Theil aber mit Dachpfannen."

1) House Architecture. London, Macmillian and Co. 1880. vol. II. p. 206.

c. Eindeckung mit Falzziegeln.

Die Urtheile über den Werth der Dachfalzziegel, welche seit circa 30 Jahren in Gebrauch sind, gehen weit auseinander. Der Grund hieran liegt hauptsächlich darin, dass die Massenfabrikation einzelner Fabrikanten aus mangelhaftem Material hergestellte und in Bezug auf die Form fehlerhafte Waare lieferte. Hingegen kann man sich leicht schützen, wenn man nur solche Ziegel kauft, welche auf Antrag der Fabrik in technischen Untersuchungsstationen für Baumaterialien, nach der weiter unten beschriebenen Methode auf Wasserdurchlässigkeit u. s. w. geprüft und als für Wasser, nicht aber für Luft undurchlässig befunden wurden. Auch die Gegner des Falzziegeldaches geben zu, dass sich dasselbe bewährt, wenn die Porosität der Ziegel eine geringe ist.

Die Falzziegeln kommen in sehr verschiedenen Formen vor. Sowohl mit Rücksicht auf Dauerhaftigkeit, als auch auf Wasserdichtigkeit verdient der Dachfalzziegel, der ohne Spliessen und ohne Mörtelanstrich verlegt wird, vor dem alten Flachwerksziegel (Biberschwanz) den Vorzug, wenn es sich um die Herstellung eines gegen Regen und Schneetreiben dichten Daches handelt. Das Einregnen ist durch die ineinander greifenden Steine und dadurch, dass das Wasser immer auf den unteren Stein geleitet wird, ausgeschlossen.

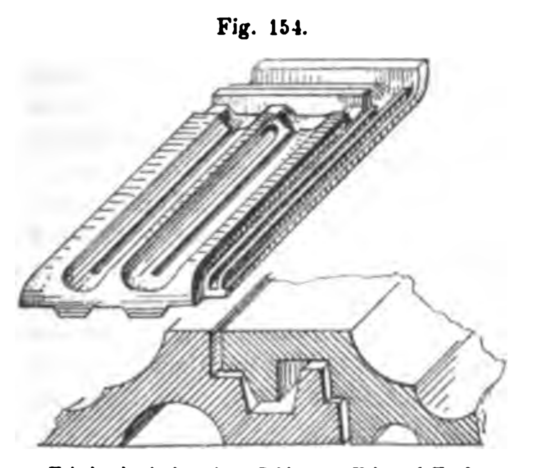
Ganz überflüssig, ja sogar schädlich ist das sogenannte Verstreichen und Unterstreichen mit Kalk oder Cement, welches in der Absicht geschieht, das Dach absolut dicht zu machen. Bei anhaltendem Regen, oder wenn der Temperaturunterschied zwischen Aussen und dem Innern des Daches so ist, dass sich Wasserdampf an der unteren Fläche der Ziegel condensirt, dann bilden sich auf der Innenseite des Dachziegels Tropfen, welche abgleiten und durch die Querfuge durchgehen, an der sogen. Wassernase des Falzziegels sich abstossen und auf die Aussenseite des darunterliegenden Ziegels fallen. Ist nun aber durch das Verstreichen der Fuge dieser Weg versperrt, so fallen die Tropfen inwendig ab, Dachboden und Holzwerk wird nass und die Luftcirculation unter dem Dache, welche bei Falzziegeldächern in so hohem Maasse vorhanden und welche so vortheilhaft ist, wird durch das Verstreichen der Fugen ebenfalls sehr vermindert. Es ist also von Kalk- oder Cementverstrich ganz entschieden abzurathen. Eine wesentliche Bedingung für die Dichtigkeit des Falzziegeldaches ist, dass die Falzziegel gerade und nicht verzogen sind und dass das Eindecken mit Verständniss geschieht.

Eine wesentliche Verbesserung hat das Falzziegeldach durch die Falzziegel mit doppeltem Schluss am Falze und Kopf erfahren, welche

von C. LUDOWICI (Ludwigshafen und Jockgrim, Rheinpfalz) unter Benutzung eines schon von den Römern verwertheten Thonlagers fabricirt werden.

Die Oberfläche dieser Falzziegel (Fig. 154) bildet zwei parallele Kanäle, welche glatt über den ganzen Ziegel laufen, nach den Aussenseiten halbrund aufsteigen und gegen die Mittelrippe hin einmal wellenförmig unterbrochen sind. Auf dem Boden jedes Kanales ist ein kleiner Graben eingeschnitten, der hinten tief, nach vorn flach auslaufend, einen versenkten Schluss des Kopfes ermöglicht. Durch den so hervorgebrachten, tiefen Eingriff kommt diese Ueberdeckungsfuge des Kopfes so tief zu liegen, dass sie ganz versteckt ist.

Fig. 154.



Falzziegel mit doppeltem Schluss an Falz und Kopf.

Die Ziegel werden im Verband gedeckt, das heisst, die Falze des oberen Ziegels mündet immer auf die Mitte der Oberfläche des unteren Ziegels. So gedeckt, verlängern sich die Kanäle der einzelnen Ziegel, bilden Rinnen, die das ganze Dach vom First bis zur Traufe in geraden, parallelen Linien durchziehen und so eine Leitung herstellen, die den raschen Abfluss des Wassers nur begünstigen kann. Auf dem Boden der halbrunden Kanäle sammelt sich schnell das auffallende Wasser, um ungehindert, ohne angehalten oder wieder zertheilt zu werden, in immer grösser werdender Menge die Rinnen hinunterzufliessen. Ebenso wird der schmelzende Schnee rasch über die Dachfläche hinabrutschen können.

Die Bogenformen des Querschnittes erhöhen die Festigkeit der Ziegel, so dass trotz deren Leichtigkeit ein Begehen des Daches gestattet ist.

Neben der vortheilhaften Gestaltung der Oberfläche ist die gut ineinandergreifende Ueberdeckung der Ziegel an den Quer- und Längsfugen für das Falzziegeldach von der grössten Wichtigkeit.

Beim Ludowici-Ziegel ist der doppelte Schluss in den Querfugen bewirkt durch eine zweite Rippe am Kopfe und einen zweiten Kanal am hinteren Ende der Ziegel (Fig. 154). Diese Sicherung richtet

sich gegen das Eindringen von Schnee und Regenwasser, sowie von Russ bei heftigem Wind. Ein derartiger Querschluss ist der beste und wirksamste, der ausgeführt wird. Nicht allein, dass der Kopf des überdeckenden Ziegels an jeder Stelle sehr tief eingreift, ist auch beinahe die ganze entstandene Fuge durch vorstehende Theile des unteren Ziegels verdeckt. Nur an der Einmündung der beiden kleinen Gräben ist die Fuge freiliegend.

Der doppelte Falzenschluss, durch einen Stab in der Wasserfalze und einen Ansatz an der überdeckenden Falze gebildet, verhindert ein Ueberlaufen der Falze nach Innen bei grösserem Wasserandrang, wenn z. B. Wasser benachbarter Dächer gerade in die Fuge läuft, da der Aufschlag des Wassers aufgehoben wird und durch den gebildeten Spalt nicht mehr Wasser eindringen kann, als abläuft.

Die alte Flachwerksziegeleindeckung hat den Nachtheil, dass der Wind den Mörtelanstrich herunterbröckelt und das Dach undicht macht. Aber auch der Fortfall der Docken, resp. Spliessen (Holzschindeln) beim Falzziegeldach ist ein hygienischer Vortheil, weil dadurch die Feuersgefahr vermindert und eine gleichmässige Ventilation der Dachräume gewährleistet wird. Auch kommt es bei Anwendung von Schindeln zur Dachdeckung oft vor, dass dieselben faulen und das Gebälk des Dachstuhles in Mitleidenschaft ziehen. Da das Falzziegeldach leichter als das Kronendach ist, so können auch Latten und Sparren schwächer sein. Von grösster Wichtigkeit für die Dichtigkeit des Falzziegeldaches ist die Wahl des Neigungswinkels.

In Holland und in Frankreich wendet man für gewöhnlich Dachneigungen von 45° bis 55° an; geringere Neigungen sind selten. Bei einem zu flachen Dach trocknet in einem Klima mit starken Niederschlägen das Eindeckungsmaterial langsam aus, der feine Triebschnee dringt leicht durch die Fugen und grössere Schneemassen setzen sich fest und gleiten schwer ab.

Die Traufschicht darf nicht zu weit über die unterste Latte überstehen, um dem Sturm nicht zu viele Angriffspunkte zu bieten.

Sehr beachtenswerth sind die Untersuchungen R. BONTE's über die Function der Falzziegel, durch deren consequente Verwerthung L. LUDOWICI die Fabrikation derselben in hohem Maasse vervollkommnet hat.

Jeder getrocknete Thonkörper enthält Poren, welche bei Beginn des Brennprozesses durch Verflüchtigung gewisser Bestandtheile des Thones (chemisch gebundenes Wasser, Kohlensäure, organische Substanzen) sich mehren, gegen Ende des Brennens durch theilweises Sintern und Schwinden der Thonmasse aber wieder vermindert werden.

Sind die Poren zu gross geblieben, so wird andauernder Regen leicht den Scherben des Ziegels durchdringen, sich als Sickerwasser sammeln und abtropfen; dies wird umsomehr der Fall sein, als das durch die eintretende Verdunstungskälte im Gebäude-Innern entstehende Condenswasser sich noch zu dem Sickerwasser gesellt, da es in den schon übersättigten Ziegelporen keine Aufnahme mehr finden kann.

Sind die Poren durch Sinterung des Thonscherbens ganz oder fast ganz geschlossen, so wird das bei Regen durch Verdunstungskälte und auch bei sonstigen Temperaturunterschieden entstehende Condenswasser des Dachraumes sich gerade wie an Fensterscheiben an der Innenfläche des Ziegels niederschlagen und allmählich abtropfen; je flacher das Dach und je weniger gut die Tropfen wieder zur Oberfläche des nächsten Ziegels gelangen können, desto stärker wird das Abtropfen sein.

Es ergibt sich hieraus, dass zur Fabrikation von guten Dachziegeln Thonmischungen gewählt werden müssen, welche ebensowenig einen im Gefüge zu porösen, als zu dichten Scherben ergeben. Der Ziegel muss im Stande sein, das Regenwasser aufzunehmen und abzuleiten, ohne sich mit demselben ganz zu sättigen, denn er muss gleicherzeit fähig bleiben, das im Gebäude-Innern sich bildende „Schwitzwasser" ebenfalls in den Poren der Innenoberfläche anzusaugen.

Die natürliche Porosität ist daher ein wesentlicher Factor der Volumbeständigkeit eines guten Dachziegels, denn hieraus ergibt sich seine Widerstandsfähigkeit gegen Frost.

Das Dämpfen der Ziegel ist deswegen absolut kein Vortheil, weil, was durch Verdichtung der Oberfläche gut gemacht, durch Aufheben des Aufnahmevermögens der Innenfläche weit mehr verschlechtert wird. Aus demselben Grunde sind ganz in Farberde oder in Theer getauchte, sowie beiderseits glasirte Ziegel unbedingt zu verwerfen.

Man hat sich schon viel Mühe gegeben, bei den verschiedensten Falzziegeln die Innenfläche des Steines so zu construiren, dass das vom Durchsickern oder Niederschlagen an ihr haftende Wasser wieder auf die Aussenoberfläche des nächst tiefer liegenden Ziegels geführt wird.

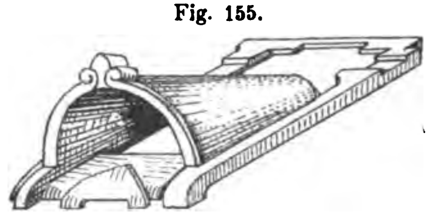
Bei ganz flachen Dächern (unter 20% = 12°) oder bei solchen, bei denen die Falzziegel in Mörtel liegen, wird ein Abtropfen immer erfolgen und zwar bei zu porösen Ziegeln, weil das Regenwasser leichter durchdringt und bei Ziegel mit gesintertem Scherben,

weil das „Condenswasser“ wegen des Fehlens der Poren von dem Scherben nicht aufgesogen wird und auf die Oberfläche des folgenden Ziegels nicht gelangen kann.

Das Verstreichen der Dächer ist daher absolut zu verwerfen; der Falzziegel muss so construirt sein, dass er ohne jeden Verputz Regen, Schnee und Russ abhält. Wird dennoch, besonders bei Ziegel mit nur einfachen Eingriffen, zu diesem Mittel geschritten, so empfiehlt es sich, nur die Kopfschlüsse (längs der Latten) zu verstreichen und die Falzenschlüsse offen zu lassen; es kann dann immer noch ein Temperaturausgleich zwischen dem Gebäude-Innern und der äusseren Atmosphäre stattfinden, was besonders für glasirte Dachziegel von grossem Vortheil ist.

Kommt es vor, dass sonst gute Dachsteine frisch aufgehängt durchlässig sind, so ist dies nur auf deren natürliche Porosität zurückzuführen und keineswegs ein Mangel der Qualität. Dieses Durchschlagen hört schon nach kurzer Zeit auf, da sich die Ziegeloberfläche bald mit Staub und Russ dichtet. Durch Eindecken von mit Kappen versehenen Luckensteinen (Fig. 155) und durch die, von den weiter unten beschriebenen einfachen Lüftungseinrichtungen, bewirkte Luftcirculation und Temperaturausgleichung, kann das Abtropfen in den meisten Fällen verhütet werden.

Fig. 155.



Luckenstein.

Nach LUDOWICI kann die Oberfläche des Ziegels durch Uebergiessen mit fein zertheiltem Thonschlamm vor dem Brande, wesentlich gedichtet werden, während der Ziegel für Wasserdampfniederschläge aus dem Innern sogar aufnahmefähiger wird, da die vor der Füllung mit Regenwasser geschützten, lufthaltigen Poren das Condenswasser begierig aufsaugen.

Sehr oft werden Ziegel mit einem Glasurüberzug versehen. Diese Art der Oberflächendichtung ist aber bislang die wenigst gelungene, weil das Schwinden der Glasur beim Brennprocesse durchaus nicht gleichen Schritt mit jenem des Ziegelscherbens hält, sondern sich in quantitativ ganz verschiedenem Maasse vollzieht. Die meisten Glasuren haben in Folge dessen sogenannte Haarrisse, durch die in den Ziegelscherben Feuchtigkeit, insbesondere Schneewasser dringt, welches sich beim Gefrieren ausdehnt und trotz des Widerstandes, die Glasur schliesslich absprengt. Erfahrungsthatsache, dass zumeist auf

den der Sonne zugekehrten Dachseiten (Südseiten) Glasuren abspringen. Die Sonne schmilzt den Schnee an dem First zuerst, derselbe rutscht, weich geworden, der Dachtraufe zu. Das Wasser läuft unter dem Schnee ab und die frei gewordene, meist noch dazu schwarz gefärbte Ziegeloberfläche absorbirt besonders gut die Wärme der Sonnenstrahlen. Die Folge ist, dass die Glasur sich sehr ausdehnt; ausserdem werden durch die absorbirte enorme Wärmemenge Wasserdämpfe gebildet, durch deren Expansivkraft, im Zusammenwirken mit dem ersterwähnten Factor, oft ganze Stücke Glasur mit Stücken von Ziegelscherben selbst abgesprengt werden. Durch die Glasur kann somit die Qualität des Dachziegels nicht erhöht, sondern dieser nur gefälliger gemacht werden. Glasirte Ziegel eignen sich daher nur für südlichere Gegenden mit seltenem Schneefall. Der Reiz und die Schönheit, welche, wie z. B. in Bozen (Südtyrol), die mit grünglasirten Ziegeln gedeckten Dächer im Contrast mit den durch schwarzgrüne Moos- und Flechtenvegetationen nuancirten Ziegelmauern hervorbringen, gehören übrigens, wie schon erwähnt, zu den schönsten und wirkungsvollsten Farbenwirkungen der Architektur. Glasirte Steine müssen äusserst hart gebrannt und möglichst mit haarrissfreier Glasur versehen sein. Die Glasur darf nicht dick aufgetragen sein, sonst tritt sie als Sonderschicht selbständig auf und ist den Abblättern noch mehr unterworfen.

Ein vollständiger Schluss der Poren der Oberfläche soll nach C. Ludowici[1]) durch Ueberschütten des gebrannten und wieder heiss gemachten Ziegels mit kochendem Asphalttheer erzielt werden. Dieses „Imprägniren" gibt dem fertigen Dach ein ruhiges, schieferähnliches Aussehen und erhöht die Aufnahmefähigkeit für „Schwitzwasser" vom Dachinnern bedeutend, weil der Regen nicht eindringt und die Poren frei bleiben, so dass diese begierig ansaugen.

Dachfenster und Dachlucken lassen sich bei Falzziegeldächern sehr leicht herstellen.

Um kleine Dachlichter zu bekommen, verwendet man mit Vortheil Steine mit einer eingesetzten Glasscheibe. Will man mehr Lüftung als Beleuchtung haben, so verwendet man die mit Kappen versehenen Luckensteine (Fig. 155).

Beiden Zwecken gleichzeitig dienen die gusseisernen Dachfenster. Werden dieselben in der Grösse von 4 Falzziegeln genommen, so können sie auch zum Besteigen des Daches dienen. Sämmtliche Dachfenster passen genau in die Falze der Steine, so dass ihre Einrichtung keine Mehrarbeit (durch Hauen, Bestreichen u. s. w.) erfordert.

1) Prospectbeilage der Fabrik.

Die Fabrikanten sollten sich übrigens bemühen, die immer noch sehr plumpen und schweren Falzziegeln, eine leichtere, natürlichere Form zu geben und eine einfachere Eindeckung zu erstreben, wie sie z. B. bei den Sallinger Schiefern des Wesergebirges üblich ist.

d. Italienisches Ziegeldach.

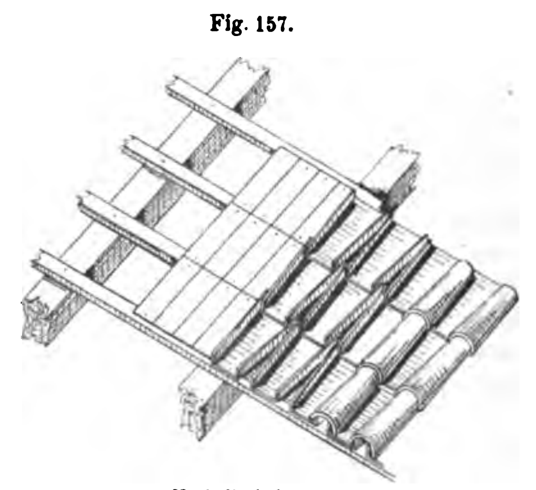
Von allen Ziegelbedachungen ist das altgriechische Ziegeldach (Fig. 156) unstreitig das schönste und dabei zweckmässiger construirt, als viele neueren Bedachungen aus diesem Material. Die griechischen Ziegel wurden auch von den Römern benutzt und man hat sie bei uns in verschiedenen römischen Niederlassungen (z. B. in Eining in Bayern) wieder aufgefunden. Die so zweckmässige italienische Bedachung ist mit der altgriechischen fast identisch. Bei derselben werden an den Seitenkanten geschliffene, oder glatt geriebene Ziegelplatten (Fig. 157) auf Lattenwerk verlegt und vermauert. Darüber liegen, wie aus Fig. 156 u. Fig. 157 ersichtlich, Flachziegel mit erhöhten Kanten, welche von Hohlziegeln überdeckt werden. Diese Flach- und Hohlziegel lassen kein Regenwasser durch und sollte dennoch durch heftigen Wind etwas Schnee oder Wasser von unten her unter dieselben getrieben werden, so bilden immer noch die mit den Kanten in Kalk verlegten untersten Ziegelplatten einen sicheren Abschluss. Das im milden Klima Italiens gebräuchliche Dach ist, wie ersichtlich, weit sorgsamer eingerichtet als die Eindeckung bei uns.[1])

Fig. 156.



Altgriechisches und altitalienisches Dach.

Fig. 157.



Neuitalienisches Dach.

1) Dieser Eindeckung sehr ähnlich ist die altdeutsche, gegenwärtig in Südtyrol noch viel gebräuchliche Eindeckung mit „*Mönch*“ und „*Nonne*“ (rinnenförmige, halbcylindrische Ziegel), von denen die „Nonne“, wie die Flachziegel, unten, der „Mönch“, wie die Hohlziegel, darüber liegt.

3. *Die Eindeckung mit Cementdachplatten*

und trapezförmigen Cementtafeln liefert ein gegen das Durchtreiben von Regen, Schnee, Russ u. s. w. sicheres Dach, ohne den Bodenraum luftdicht abzuschliessen.

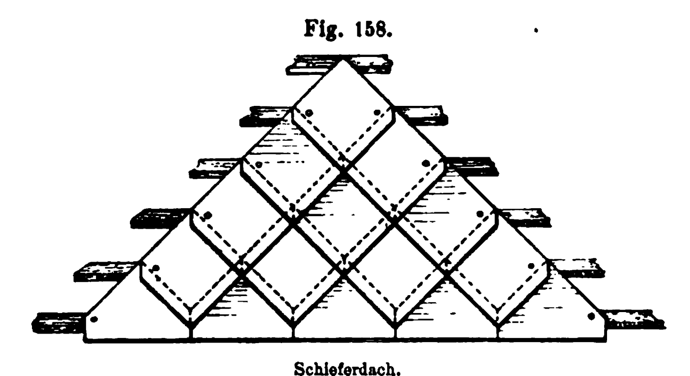
Namentlich die trapezförmigen Tafeln garantiren einen freien Luftwechsel bei vollkommener Dichtigkeit und Sturmsicherheit; dieselben eignen sich deshalb besonders für solche Gebäude (Getreide-Futterräume u. s. w.), welche frische Luft und kühle Temperatur verlangen, während für Wohngebäude die schieferförmigen Dachplatten der Steudacher (Oberbayern) Cementfabrik zu empfehlen sind, welche zum Zweck der Unterbrechung der Flächenattraction auf der oberen Fläche mit einer kleinen Wasserinne versehen sind. Bei den deutschen Cementrandpfannen (Hüser in Obercassel bei Bonn) ist der ganze seitliche Rand mit einem circa 8 Mm. hohen Leistchen versehen, welches unter der überdeckenden Pfanne Raum findet. Jede durch Adhäsion zwischen den Platten heraufgesogene oder durch Winddruck zwischen- resp. heraufgepresste Feuchtigkeit wird von den Randleisten zurückgehalten und nothwendig auf die Aussenseite der Platte zurück und somit abfliessen, zumal durch diese Ränder der Ober- und Unterseite zwischen den beiden überdeckenden Platten ein Hohlraum gebildet wird, der die Adhäsion resp. Flächenattraction unterbricht.

Die Cementplatten werden in verschiedenen Farben (hell-, dunkelgrau, schieferblau u. s. w.) geliefert und es lassen sich die verschiedenartigsten architektonischen Figuren (Mosaikdächer) herstellen.

4. *Das Schieferdach.*

Zu den haltbarsten Bedachungen gehören erfahrungsgemäss die Schieferdächer. Insbesondere dürfte die in Fig. 158 skizzirte, im

Fig. 158.



Schieferdach.

Weserthale übliche, einfachste und gefällige Art der Eindeckung zu empfehlen sein, da sich die dortigen Dächer mehrere Jahrhunderte hindurch völlig intakt erhalten haben. — Die hierzu nöthigen Schablonen, welche auch von den unten erwähnten Frege'schen Brüchen bei Lehesten in Thüringen geliefert werden, sind quadra-

tische Tafeln von im Mittel 60 Cm. Seite mit abgestumpften Ecken, an welchen sie auf der Lattung zusammenstossen. Durch die Grösse der Abstumpfung der Ecken bedingt sich die Grösse der Ueberdeckung, die von der Dachneigung abhängig ist und auf 12 Cm. anwachsen kann. Eine Schalung ist zwar nicht nöthig, aber bei Gebäuden, die vielen Schneestürmen ausgesetzt sind, oder bei denen in Folge des Vorhandenseins vieler Maschinenessen, Russ in alle Fugen eindringt, ist ein, den Bodenraum für alle Vorkommnisse schützendes Dach, nur dadurch herzustellen, dass man auf die gespundete Schalung eine Theerpapierunterlage aufbringt und auf diese erst den Schiefer legt. Es ist zu wünschen, dass die vorzüglichen deutschen Schiefersorten endlich die verdiente Würdigung erfahren und bei uns zur allgemeinen Anwendung gelangen, zumal für die meisten derselben die Prüfungsresultate der technischen Untersuchungsanstalten für Baumaterialien vorliegen. Die Beachtung der letzteren ist um so wichtiger, als die Zersetzbarkeit des Schiefers von dem Gehalte an bestimmten Nebenbestandtheilen abhängt. So führt der im Schiefer bisweilen fein vertheilte Schwefelkies durch Oxydation zur Bildung von Schwefelsäure und in Wasser löslichen Verbindungen mit Thonerde und Eisenoxydul, welche die weitere und rasch erfolgende Zersetzung des Schiefers bewirken. In einem schwarzen, wenig haltbaren Schiefer wurden 2,65 Proc. Schwefel in feinster Zertheilung und fast gar kein Kohlenstoff gefunden, in einem zweiten blauen Schiefer, welcher schon mehrere Jahrhunderte als haltbare Deckung diente und keine Spur von Verwitterung zeigte, waren nur 0,186 Proc. Schwefel und 0,78 Proc. Kohlenstoff vorhanden.

Auch ein grösserer Gehalt von kohlensaurem Kalk, welcher durch die Kohlensäure der Luft und des Wassers als Bicarbonat gelöst wird, begünstigt die Verwitterung des Schiefers. Das gleiche gilt von einem hohen Gehalt an organischer Substanz (Glühverlust), welcher zwischen 1 bis 10 Proc. schwankt, beim haltbaren Thüringer Schiefer aber höchstens 1,2 Proc. beträgt. Die Haltbarkeit der Schiefer beruht, abgesehen von den einflussreichen Nebenbestandtheilen, besonders auf der Menge der gebundenen Kieselsäure resp. der Widerstandsfähigkeit der vorhandenen Silikate, welche sogar das Alkali dem Einflusse starker Säuren entziehen. Gute, haltbare Schiefer enthalten 50 bis 81 Proc. gebundene Kieselsäure.

Zu den haltbarsten Schiefersorten gehören die aus den FREGE'schen Werken in Gräfenthal-Lehesten (Thüringen). Aber auch die meisten anderen deutschen Brüche liefern gutes Material. Während früher die Herstellung der Schieferplatten durch Handarbeit viel zu

wünschen übrig liess, können gegenwärtig durch die Maschinenbearbeitung die Flächen nahezu mathematisch eben hergestellt werden. Bei dieser Sachlage ist der Schieferbezug aus dem Auslande vollständig überflüssig geworden. Die auch von der Staatsregierung unterstützte deutsche Schieferproduction, welche mehr als 2 Millionen Centner im Werthe von 5 Millionen Mark erreicht und ca. 6000 Arbeiter mit 13,000 Angehörigen ernährt, entspricht den höchsten Anforderungen.

5. *Die Steindach- oder Theerpappe-Dächer*

zeichnen sich durch ihre Wasserdichtigkeit und relative Widerstandsfähigkeit gegen die Angriffe des Feuers aus, und da das Deckmaterial sehr leicht ist, so kann das Dachgerüst auch verhältnissmässig leicht construirt werden, wenn der Zusammenhang im übrigen ein fester ist.

Eine weitere hervorragende Eigenschaft der Dachpappe ist ihre Widerstandsfähigkeit gegen fortdauernde Erschütterungen, durch welche die anderen Dächer bald undicht und unbrauchbar werden. In Folge dessen findet die Dachpappe bei Maschinenkesselhäusern, Giessereien, Hüttenwerken, Eisenbahngebäuden u. s. w. ausgedehnte Anwendung.

Zu Wohnhausdächern und namentlich auch für leichte Gebäude auf Colonieen in tropischen Ländern ist die Asphaltpappe nicht geeignet, weil sie ihrer schwarzen Farbe halber sehr viel Wärme absorbirt und leicht an die Innenräume des Hauses abgibt.

Für die letzteren Zwecke, namentlich auch für Colonialgebäude u. dgl., ist im Tektolin, einem wasserdicht präparirtem Leinengewebe, welches mit einer undurchlässigen Masse überzogen ist, Ersatz geschaffen, da der helle Anstrich desselben auch bei Sonnenbestrahlung eine wesentlich kühlere Temperatur der bedachten Räume bedingt.

6. *Metalldächer.*

Von allen Bedachungsmaterialien sind die Metalle: Kupfer, Blei, Zink und verzinktes Eisenblech (Wellblech u. s. w.) die dichtesten und dauerhaftesten, aber auch kostspieligsten.

Als Nachtheile aller Metalldächer ist die gute Wärmeleitung dieser Materialien hervorzuheben, in Folge dessen die Dachräume im Winter sehr kalt und im Sommer unerträglich warm sind.

In den Wellblechbaraken in Metz ist die Hitze im Sommer oft so stark, dass sich die Mannschaft nicht darin aufhalten kann. Man hat bei einer Aussentemperatur von 21° R. im Innern derselben schon 26° R. gemessen.

Man empfiehlt zur Beseitigung dieses Nachtheiles die Anbringung einer inneren Verschalung, die aber nicht immer ausreicht. Das einfachste und wirksamste Mittel ist die Ventilation des Dachraumes, ohne diese verdirbt die Schalung frühzeitig, besonders durch die Sonnenhitze im Sommer, welche auf Metalle ausserordentlich stark wirkend, die darunter befindliche Bretterschalung fast verbrennt, sowie durch die Condensation von Wasser im Frühjahr und Winter. Das Condensationswasser bildet sich auf der Unterseite der Metalldeckungen, von wo es auf die Bretterschalung herabtropft und diese durchnässt. Bei quer genagelter Schalung tropft es auch noch durch die Fugen in den Dachraum ab, während es bei den der Länge nach parallel der Giebelkante liegenden Schallbrettern wenigstens nach dem Fusse des Daches zu unschädlich abfliessen kann.

Neuerdings hat man in der Anbringung (durch Papier- resp. Pappe-Tarpaulin-Einlagen u. s. w. zwischen die doppelte Schalung) vollkommen geschlossener Luftschichten, nebst Korksteinisolirung ein sicheres Mittel um auch die Dachräume unter Metalldächern gegen Hitze und Kälte zu schützen.

7. *Holzcementdach.*

Eine Dachdeckungsart, welche in Bezug auf absolute Dichtigkeit, grosse Wärmecapacität, Feuersicherheit und unbegrenzte Dauerhaftigkeit bei relativer Billigkeit von keiner anderen übertroffen wird und daher hier einer eingehenden Betrachtung bedarf, ist das von Samuel Häussler in Hirschberg (Schlesien) erfundene Holzcementdach, welches nicht nur allen hygienischen Anforderungen entspricht, sondern auch als Gartenanlage ausgebildet, den darunter Wohnenden den Aufenthalt im Freien in unmittelbarer Nähe der Wohnung ermöglicht. In gleicher Weise kann ein solches Dach als Spielplatz für Kinder, als Observationspunkt u. s. w. dienen. Der Hauptbestandtheil dieser Bedachungsart ist der Holzcement, welcher aber seinen Namen mit Unrecht führt, da er keineswegs hydraulische oder erhärtende Eigenschaften zeigt und wohl nur einer gewissen Analogie oder einem Vergleich mit dem eigentlichen Cement bezüglich seiner Festigkeit und Dauerbarkeit im Wasser wegen, so benannt wird. Der Holzcement ist eine zähe, bituminöse, also mineralisch-harzige oder kautschukartige Masse, welche mit der Zeit durch Verharzung, ohne ihre Biegsamkeit zu verlieren, eine fast metallartige Härte erlangt.

Die Zubereitungsweise dieser Masse ist Fabrikgeheimniss; doch weiss man soviel, dass dieselbe aus Steinkohlentheer oder Asphalt, Schwarzpech und Schwefel, denen Schellack oder Kolophonium bei-

gemischt ist, besteht und dass die Zubereitung durch mehrstündiges Sieden in Dampf von 4 bis 4½ Atmosphären (oder nach Anderen im Vacuum) geschieht. Garantie für die Aechtheit bietet daher nur der Bezug des Productes aus der Fabrik von HÄUSSLER, während die Fabrikate Anderer nur mehr oder weniger gelungene Nachbildungen darstellen, deren Anwendung bei preussischen Staatsbauten daher auch verboten ist.

Die Construction des Holzcementdaches zeichnet sich durch grosse Einfachheit aus, insofern die Dachwerke auf das Geringste reducirt sind und der gewöhnliche Dach- oder Speicherraum (Bodenraum) ganz wegfällt. Wo die Bestimmung der untenliegenden Räume es gestattet, genügt es, die Balkenlage etwas geneigt zu verlegen und gleich als Träger des Daches zu verwenden.

Auf die fast wagrecht liegenden Sparren wird eine aus gespundeten, 3 Cm. starken und höchstens 20 Cm. breiten, gut ausgetrockneten Brettern bestehende Schalung mit Nuthe und Feder so aufgenagelt, dass nirgends vorstehende Kanten oder Nagelköpfe vorhanden sind. Um die aus einer vierfachen, cementirten Papierlage bestehende Holzcementdachung von der Bretterschalung zu isoliren wird diese letztere mit trockenem feinen Sande 3 Mm. hoch übersiebt. Dadurch wird bewirkt, dass die erste Papierlage, welche darauf kommt, nicht anklebt und das Holz (bei etwaigem Eintrocknen oder Werfen) sich darunter frei bewegen kann.

Die erste Lage des Dachpapiers, wozu eigens aus zähen Stoffen gefertigtes Rollenpapier von 60 bis 90 M. Länge und 140 bis 160 Cm. Breite in Verwendung kommt, wird nun auf der feinen Sandisolirschicht von einer Dachkante zur andern über den First weg so aufgerollt, dass eine Rolle die andere um 15 Cm. überdeckt und nur an der Traufkante mit breitköpfigen, kleinen Nägeln befestigt. Weder die untere Seite der ersten Papierlage, noch die 15 Cm. breite Ueberdeckung wird mit Holzcement überstrichen. Als zweite Papierlage dient, des besseren Verbandes wegen, eine der Länge nach getheilte d. h. 70 bis 80 Cm. breite Rolle. Ehe dieselbe verlegt wird, muss der erwärmte Holzcement auf die erste Papierlage in der Breite des darauf zu liegenden kommenden Bogens vermittelst weichhaariger Bürste dünn aufgestrichen werden; ein zweiter Arbeiter rollt den Bogen unmittelbar hinter dem Bürsten auf und drückt ihn mit der flachen Hand, ohne dass Blasen entstehen, fest. Die daran stossende Rolle wird 15 Cm. überdeckend auf die vorhergehende gelegt und auf diese Weise die zweite Lage des Dachpapiers hergestellt. Die dritte Lage wird nun wieder mit einer ganzen und die vierte mit

einer halben Rolle angefangen. Die an erstere stossenden Rollen beider Lagen überdecken sich ebenfalls um 15 Cm. (s. Fig. 159).

Die Erwärmung des Holzcementes geschieht auf dem Dache in 2 bis 3 Kesseln über einem Eisenblechofen, der so zu heizen ist, dass der Cement nur heiss und dünnflüssig, aber nicht bis zum Kochen erhitzt wird, weil er dadurch seine Bindekraft verlieren würde.

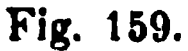
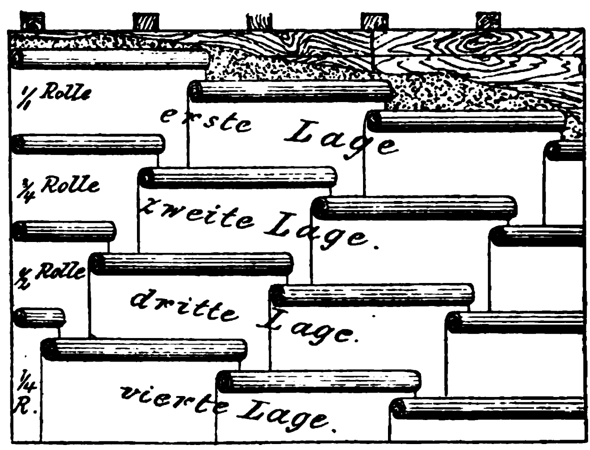


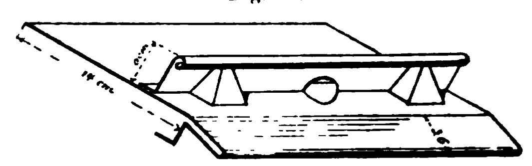
Fig. 159.



Holzcementdach.

Wichtig ist, dass das Papier sofort auf den aufgestrichenen warmen Cement verlegt wird (Fig. 159). Sobald die zweite Lage des Dachpapiers aufgebracht ist, werden, um die Kiesdecke vor dem Verwehen, sowie vor dem Abspülungen an den Traufkanten zu sichern,

Fig. 160.



sogenannte Zinkkiesleisten in der Weise angebracht, dass zunächst die Dichtung der Traufkanten mittelst eines ihrer Länge nach zwischen der zweiten und dritten Papierlage aufgenagelten Zinkstreifens, welcher 2,5 Ctm. vor die Dachschalung reicht, bewirkt wird. Auf diesen wird ein zweiter, rechtwinkelig nach oben abgebogener, 10 Ctm. hoher Zinkstreifen mit Stütznasen versehen, ebenfalls der ganzen Länge nach in einigen Centimetern Breite aufgenagelt und mit der

dritten und vierten Papierlage überklebt und verstrichen (Fig. 160). Dieser Steg erhält zum Ablauf des Wassers, welcher zwischen der Kiesdecke und der obersten Papierlage stattfindet, in Entfernungen von je 25 Ctm. etwa 4 Ctm. breite und 3 Ctm. hohe Durchbrechungen, welche mit einer 30 Ctm. breiten Schicht von grösseren Kiessteinen lose zu verschütten sind (Fig. 160 zwischen den Stütznasen). Statt der Zinkkiesleisten wendet man auch Holzkiesleisten an. Zur Dichtung der Schornsteinkasten genügt die Aufnagelung eines 15 Ctm. hohen Winkelbleches auf die Schalung, wobei das Papier an die Winkel gut angepasst und mit Holzcement verstrichen werden muss.

Die vierte etwas längere Papierlage wird mit ihrem vorstehenden Ende über die dritte umschlagen, mit erwärmten Holzcement überstrichen und dann auf die Zinktraufkante aufgedrückt. Nachdem diese vierte Lage des Dachpapiers etwas stärker als die früheren Lagen mit Holzcement (2 Mm. hoch) überstrichen ist, wird dieselbe sofort mit Steinkohlengrus oder besser mit gestossener Schmiedeschlacke dick übersiebt, worauf erst 1—2 Ctm. hoch feiner Sand, dann grober Bergkies, im Ganzen in einer Höhe von 6—10 Ctm., geschüttet und schliesslich fest geebnet resp. eingewalzt wird. Sollte der Kies keine Bindemittel enthalten, so ist es durchaus nothwendig, zuvor eine Mischung mit Lehm oder Lette vorzunehmen. Etwaige Umzäunungen müssen mit ihren Querschwellen auf der Deckung frei liegen, keinesfalls durch die Deckung und Verschalung nach unten befestigt werden. Bei Bauten an der See und überall da, wo die Dächer starken Stürmen ausgesetzt sind, empfiehlt es sich, auf die Kiesdecke eine 5 Ctm. hohe Schichte Humus aufzubringen und diesen mit Gras zu besäen. Dies geschah auf dem Nebelsignalgebäude Marienleuchte 1878 und es hat sich tadellos bewährt. Auch auf dem Nebelstationsgebäude in Arcona ist dies als ein zuverlässiges Mittel gegen die früher wiederholt eingetretene Entblössung der Papierdecken befunden worden.

Soll das Dach alle an dasselbe gestellten Anforderungen erfüllen und tadellos ausfallen, so muss der Holzcement aus der Fabrik von S. Haeussler in Hirschberg (Schlesien) bezogen und die Arbeit genau nach den obigen Vorschriften ausgeführt werden. Im Auslande, auf Colonien u. dgl., erhält man nach Tilschkert [1]), auch wenn nur ungeübte Arbeiterzur Verfügung stehen, ein gegen alle Witterungseinflüsse sehr widerstandsfähiges Dach, wenn man jede mit Holzcement gestrichene Papierlage, mit gutem Jutestoff (Tarpaulin, 1 □m. 25 Kreuzer) überdeckt, welcher vor dem Streichen mit Holzcement ein Imprägni-

1) Wochenschrift d. österr. Ing.- u. Archit.-Vereins 1890, S. 317.

rung mit Theer erhielt, was die Klebfähigkeit erhöht. Auf den Holzcementstrich folgt die zweite Papierlage und auf deren Anstrich als vierte und letzte die zweite Jutelage und zwar billiger aus weitmaschiger Jute (1 □m. 12 Kr.), welcher nur mit Holzcement (ohne Theertränkung) überstrichen wird, worauf man die Eindeckung mit Lehm, Schotter und Rasenziegeln vollendet. Bei der grossen Sicherheit, mit welcher das Zusammenkleben der Juteflächen erfolgt, kann man unbesorgt mit ungeübten Leuten die Arbeit ausführen. Tilschkert hat in einsamen Gegenden Bosniens an Kasernenbauten unabhängig von den Fabriken, die sonst die Herstellung besorgten, diese vorzügliche Deckungsart ausgeführt.

Wenn das Holzcementdach, wie es vom ökonomischen und hygienischen Standpunkt aus wünschenswerth erscheint, die anderen gewöhnlichen Eindeckungsarten zurückdrängen und zu allgemeinerer Anwendung auch bei Wohngebäuden gelangen soll, so wird man namentlich der architektonischen Ausgestaltung und ästhetischen Erscheinung desselben mehr Aufmerksamkeit zuwenden müssen. In dieser Hinsicht liegen auch bereits Versuche insofern vor, als man das platte Dach durch eine geschlossene Attika verdeckte, durch Anlöthung leicht endigender Palmetten an die senkrechtstehende Kiesleiste eine Gallerie herstellte oder der unansehnlichen Kiesschüttung durch verschiedenartige Musterung vermittelst künstlich gefärbtem Kies ein gefälligeres Aussehen zu verleihen suchte u. s. w.

Während dieses Dach anfänglich nur für Wirthschafts- und Nebengebäude angewendet wurde, findet man es heute ebenso auf Wohngebäuden, als auf Villen und Monumentalbauten. In Breslau sind 2/3 aller seit 1861 ausgeführter Privatgebäude mit Holzcement gedeckt; selbst unter den Aequator (in Sumatra u. s. w.) hat es sich gut bewährt.

Während es bisher als Regel galt, dem Holzcementdach keine steilere Neigung als 1 : 20 zu geben, hat Böckmann[1]) gezeigt, dass man solche von 1 : 7 bis 1 : 6 anwenden kann, wozu ebenfalls ästhetische Gesichtspunkte oft drängen. Von den beiden Nachtheilen, welche jene Regel verhüten soll, hat der eine — das Abfliessen des von der Hitze erweichten Holzcementes aus den oberen Lagen — keine grosse Bedeutung, wenn das Dach nur in den ersten Jahren, durch genügend starke Decklage gegen die Einwirkung zu starker Hitze geschützt wird; später erstarrt die anfangs biegsame, harzige Masse zu einer glasartigen, trotzdem aber noch immer undurchlässigen Schicht. Der zweite Nachtheil, die Möglichkeit eines Abrutschens der Decklage

---

1) Deutsche Bauzeitung 1892, S. 2.

von der Dachfläche wird dadurch beseitigt, dass man die Dachfläche durch ein aus Riemchensteinen hergestelltes, gegen die unteren besonders stark construirten Kiesleisten sich stützendes Rautensystem in kleine Abtheilungen zerlegt. In den Ecken der Rauten werden halbe Steine angeordnet, welche mit Cement an der Dachhaut festgeklebt sind. Diese Anordnung, welche eine sehr gefällige Erscheinung darbietet, hat sich gut bewährt.

Die grossen Vorzüge des Holzcementdaches sind allgemein und unbestritten anerkannt und nunmehr durch ein Menschenalter erprobt, so dass ihm wohl, wenigstens die nächste Zukunft gehört. Durch den Wegfall der Dachgerüste und die bessere Ausnutzung des Raumes durch das so ökonomische Halbgeschoss werden die etwas grösseren Kosten der Herstellung ausgeglichen, zumal das Dach nach Theunes Ermittelungen keinerlei Unterhaltungskosten erfordert, vorausgesetzt, dass die Kiesschicht in angemessener Stärke aufgebracht ist, die Schornsteindurchbrechungen- und Anschlüsse gehörig gedichtet sind und für Ventilation unter der Schalung Sorge getragen ist.

Das Holzcementdach hat weiterhin, wie aus nebenstehender Skizze ersichtlich, von allen Dächern die geringste Dachfläche. Nach der Zeitschr. des Arch. u. Ingen.-Vereins zu Hannover 1885, S. 229, ist für ein Gebäude von 100 Qm. Grundfläche bei üblicher Dachneigung erforderlich:

Bedachungs-Art	Dachfläche	Gesammtkosten	Kosten pro 1 □m. der Dachfläche	Kosten pro 1 □m. der Gebäudefläche inclus. Dachstuhl
	□m.	Mark	Mark	Mark
Ziegeldach . . .	147	840	5,40	7,44
Schieferdach . .	118	890	8,25	9,52
Pappdach . . .	108	510	4,92	5,04
Holzcementdach .	104	650	5,60	5,60

Das Holzcementdach ist vollkommen wasserdicht, so dass sogar ohne Schaden für das Dach, Wasserreservoire auf demselben angelegt werden können. Diese Eigenschaft beruht einestheils auf der Anwendung mehrfacher Schichten undurchlässigen Holzcementes, andererseits darauf, dass die wasserundurchlässigen, schützenden Theile intakt erhalten bleiben, weil sie durch eine dicke Kiesschichte den Angriffen der Witterung völlig entzogen sind und daher nicht durch Auswaschen, Veränderung durch Sonnenbestrahlung, rasche Temperaturwechsel, Abnutzung durch Begehen und andere Ursachen verloren gehen.

Selbst wenn die Schalung Risse bekommt und sich wirft, kann, da die Abdeckung von der Schalung isolirt ist, keine Undichtigkeit entstehen. Es ist daher, wie schon erwähnt, von grösster Wichtigkeit, dass die Kieslage möglichst unverändert erhalten wird, wozu die Mischung des Kieses mit Lehmtheilen dient, die aber nur in solcher Menge zugesetzt werden dürfen, dass die gute Wasserdurchlässigkeit der Lage nicht leidet. Noch sicherer wird die Conservirung der Kiesschicht garantirt, wenn man dieselbe ausserdem mit einer Erdschüttung überdeckt, auf welcher Berasungen und gärtnerische Anpflanzungen mit Lauben u. s. w. angelegt werden können. Die letzteren entsprechen einem in Grossstädten immer mehr sich geltend machenden Bedürfniss, da sie in den inneren Stadttheilen, wo Gartenanlagen mehr und mehr verdrängt werden und mit der Zeit ganz verschwinden, den Aufenthalt im Freien in nächster Nähe der Wohnung ermöglichen, zumal sie durch eine Attika geschützt und nach der Strassenseite hin verborgen werden können. Als weitere hygienische Vortheile des Daches sind zu erwähnen, dass gewisse Gewerbebetriebe wenigstens im Sommer aus dumpfen Räumlichkeiten in die freie Luft, die Spielplätze der Kinder ebenfalls eventuell auf das Dach verlegt und dieselben dadurch dem Getriebe und den Gefahren verkehrsreicher Strassen entzogen werden können.[1]

Solche Dächer mit Erdbeschüttung über der Kieslage sind durch ein halbes Jahrhundert in bestem Zustand geblieben, was zum Theil auch dem Umstande zuzuschreiben ist, dass die öligen Bestandtheile des Holzcementes dadurch vor dem Verschwinden geschützt sind. Die Dauer des Daches scheint überhaupt nur durch die Vergänglichkeit der Dachschalung begrenzt zu sein. Der wichtigste hygienische Vortheil des Holzcementdaches ist die grosse Wärmecapacität desselben, in Folge deren die unmittelbar unter dem Dache befindlichen Wohnräume von dem Wechsel der äusseren Temperatur nur wenig beeinflusst werden und daher im Winter leicht warm, im Sommer kühl gehalten werden können. Dass Regen und Schnee unmöglich durch dasselbe dringen können ist selbstverständlich. Stürme finden an dem flachen gut geschützten Dache keine Angriffspunkte, während dieselben Papp- und Zinkdächer mitunter aufrollen und durch Schiefer- und Ziegeldächer Regen und Schnee hindurchtreiben können. Das Dach ist auch völlig feuersicher und zwar in mehrfacher Hinsicht, nämlich an sich und gegen Flugfeuer, sowie in Bezug auf Blitzgefahr. Ein unbedingtes Erforderniss für die ungestörte Function des Daches ist die richtige Ventilation und Entwässerung desselben, über

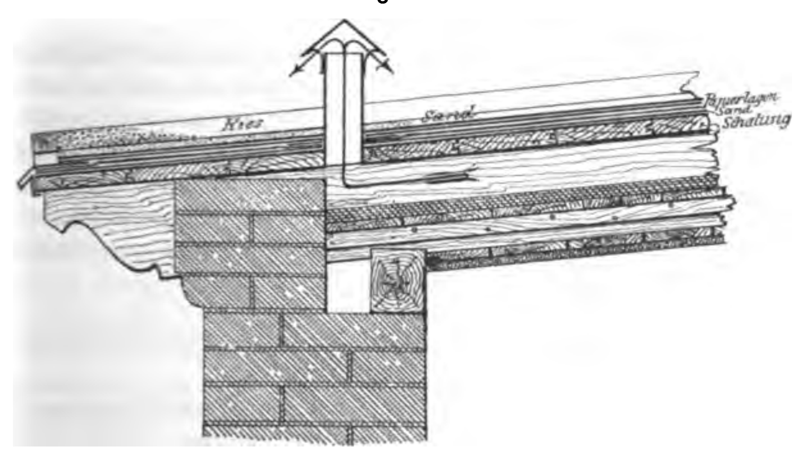
1) Letzteres ist bereits in den Londoner Board-Schulen mit Erfolg geschehen.

welch letztere weiter unten berichtet wird. Die Einrichtung der Ventilation des Daches ist aus nebenstehender Fig. 161 ersichtlich.

Gegen die flachen Dächer hat sich eine Agitation geltend gemacht und man hat behauptet, dieselben seien höchstens da zu empfehlen wo Land ausserordentlich theuer ist, weil sonst überall die Ausgaben für ein flaches Dach, welches Verkehr aushalten muss, grösser seien, als der Ankauf von Land.



Fig. 161.



Als Belege hierfür führte man die Londoner Board-Schulen mit ihren flachen Cementdächern an, die als Spielplätze für die Schüler benutzt werden. Die englischen Beton- und Cementdächer mit ihrer geringen Elasticität stehen aber dem deutschen Holzcementdach in Bezug auf Solidität und Dauerhaftigkeit weit nach.

Der Cement bekommt namentlich bei directer Sonnenbestrahlung Sprünge und lässt Wasser durch, wenn sich in Folge des Werfens oder Verziehens der Schalung die geringste Vertiefung bildet, die für ein gewöhnliches Dach und namentlich für das Holzcementdach ohne Belang ist. Ich habe Cementdächer (nicht aus Holzcement) gesehen, die nach wenig Jahren plötzlich durchgehende Sprünge bekamen, so dass das Regenwasser in Strömen in die Wohnzimmer drang und Decken und Fussböden im Augenblick vollständig durchnässte. Bleidächer sind theuer und für Verkehr nicht geeignet.

Alle diese Einwände müssen dem Holzcementdach gegenüber verstummen. Dagegen ist selbstverständlich beim Verkehr auf demselben Reinlichkeit zu beobachten, um eine Imprägnirung und Infection der Erdbedeckung zu verhüten.

Auch die gute Drainirung derselben ist in hygienischer Beziehung von Wichtigkeit und die Bepflanzung derselben mit Gras oder dgl., sowie eventuell bei starker Benutzung die Erneuerung der Bodenbedeckung nach längeren Zeiträumen empfehlenswerth.

Hygienische Anforderungen an das Dach des Wohnhauses.

1. Das Dach als Schutz gegen Feuchtigkeit (Regen, Schnee u. s. w.).

Im Vorausgehenden wurden bereits diejenigen Anordnungen erörtert, durch welche das Eindringen von Regen und Schnee durch die Dachdeckung unmöglich wird. Hier sei nur noch erwähnt, dass speciell das am häufigsten angewendete Bedachungsmaterial, die Dachziegel, zwar auffallenden Regen abfliessen lassen, aber keineswegs wasserdicht gegen stehendes Wasser sind, welches ebenso wie das Schmelzwasser von langsam schmelzendem Schnee eventuell durch die Poren einzudringen vermag.

a) Porosität, Wassercapacität und Wasserdurchlässigkeit der Dachziegel.

Bei gebrannten Ziegeln ist der Grad der Wasseraufnahme vorzugsweise von dem Grad des Brandes, der Sinterung abhängig. Bei Ziegelsteinen von Normalformat war nach M. Gary[1]) die Wasseraufnahme im Durchschnitt und in Procenten des Trockengewichtes:

	nach 12 Stunden	nach 125 Stunden.
bei Klinkern	3,9 Proc.	4,6 Proc.
bei Hartbrandsteinen . .	13,1 =	13,8 =
bei Mittelbrandsteinen . .	17,9 =	18,7 =
bei Schwachbrandsteinen .	21,0 =	22,8 =

Das Ueberziehen der Ziegeloberfläche mit einer Glasur vermag durchaus nicht eine dauernde Undurchlässigkeit der Ziegel zu garantiren und dasselbe bietet weit weniger Sicherheit gegen Witterungseinflüsse, als man gewöhnlich annimmt.

Bei hoher Luftfeuchtigkeit kann der nur an der Oberfläche glasirte Ziegel Wasser aus der Luft aufnehmen, welches, wenn es gefriert, vermöge seiner Ausdehnung die Glasur an einzelnen Stellen absprengt und so für weitere Witterungseinflüsse Angriffspunkte liefert, von denen aus nach und nach die Zerstörung des ganzen Steins erfolgt. Ein unglasirter und noch gleichmässig schwach poröser Ziegel bietet dagegen dem gefrierenden Wasser weniger Hindernisse, er

1) Thonindustrie-Zeitung 1891, S. 941.

kann sich nach allen Seiten hin ausdehnen und vermittelt bei schneller Temperaturerhöhung die nöthige Ventilation.

Bei der Wahl der Dachziegel muss darauf gesehen werden, dass dieselben ein möglichst gleichmässiges, schwach poröses Gefüge haben, so dass sie zwar Wasser leicht aufnehmen und abgeben, sowie eine selbstthätige Ventilation der Dachräume vermitteln, aber doch dicht genug sind, um das Wasser nicht in grösserer Menge durchdringen und sich an der Unterseite der Ziegel in Tropfen sammeln zu lassen.

Diese letztere Eigenschaft der Wasserdurchlässigkeit, muss neben dem Wasseraufnahmevermögen (Wassercapacität) der Masse in jedem Falle besonders ermittelt werden, da die sogenannte Wasserdurchlässigkeit der Dachziegel aus naheliegenden Gründen, durchaus nicht in directem Verhältniss zur Wassercapacität derselben steht.

Die Fabriken sollten diese Prüfung ihrer Fabrikate in den technischen Untersuchungsanstalten für Baumaterialien ausführen lassen und die Resultate den Prospecten beigeben.

Nach den Beschlüssen der Conferenz zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden für Bau- und Constructionsmaterialien (Berlin, 19. und 20. Sept. 1890) soll neben anderen Versuchen das Wasseraufsaugevermögen der Oberfläche und die Wasserdurchlässigkeit bestimmt werden. Zu diesem Zweck werden die Ziegelproben so gross gewählt, dass sie etwa 20 bis 25 Ccm. Wasser aufzusaugen vermögen. Nach dem Trocknen werden dieselben an den Rändern mit einem Wachsanstrich versehen. Auf die eine Oberfläche der so vorbereiteten Proben wird nun eine cylindrische Röhre von 10 Qcm. lichtem Querschnitt mit Wachs senkrecht stehend aufgedichtet und in diese mittelst einer Pipette Wasser von bestimmter Menge eingelassen. Alsdann wird die Zeit beobachtet:

1. welche zum Einziehen der zuerst aufgegebenen 10 Ccm. Wasser erforderlich ist;

2. welche vergeht, bis sich bei weiterer Zuführung von 10 bis 15 Ccm. Wasser an der unteren Fläche oder Scheibe eine thauartige Durchfeuchtung zeigt, und

3. innerhalb welcher, nach nochmaligem Auffüllen von 10 Ccm. Wasser, an der unteren Fläche Tropfenbildung entsteht; oder es wird die Wassermenge ermittelt, welche bei etwaiger Durchlässigkeit des Dachziegels in ein untergesetztes Becherglas tropft.

Die meisten neuen, schwach gebrannten Dachziegel nehmen in der ersten Zeit nach der Eindeckung sehr viel Wasser auf und geben

dasselbe an ihrer inneren Fläche als Tropfen ab. Die feineren Poren verstopfen sich aber sehr bald und der Ziegel wird dann gegen den Regen ganz dicht halten, wenn nicht grössere Poren resp. besondere undichte Stellen vorhanden sind. Solche feine Löcher entstehen, wenn kleine Kieselsteinchen oder sonstige fremde Bestandtheile im Ziegelthon vor dem Brennen der Ziegel vorhanden waren. Derartige Ziegel dürfen selbstverständlich beim Eindecken von Dachflächen nicht verwendet werden, weil sie bei Regenwetter fortwährend das Wasser ins Innere des Gebäudes eindringen lassen.

b) Schutz der Haupt- oder Dachgesimse und der Frontmauern gegen Durchfeuchtung.

Die Frontmauern der gewöhnlichen Gebäude werden durch das Haupt- oder Dachgesimse, welches die obere Bekrönung derselben bildet, an der Stelle abgeschlossen, an welcher das Dach anfängt.

Die Hauptgesimse werden entweder aus Holz, Sandstein, gewöhnlichen Backsteinen oder aus besonders geformten und gebrannten Gesimsziegeln hergestellt.

Den atmosphärischen Einflüssen, sowie der Durchnässung in Folge ungeeignet construirter oder defect gewordener Dachrinnen, sind die Gesimse mehr ausgesetzt, als alle übrigen Mauern des Hauses. Hinsichtlich des Schutzes gegen diese Einflüsse kommt zunächst das Material und die Art der Herstellung der Hauptgesimse, sowie namentlich auch die Anlage und Construction der Dachrinnen und Fallrohre in Betracht.

α) Material für die Dachgesimse und Art der Herstellung derselben.

Zur Construction der Hauptgesimse sollten nur gute, wetterbeständige Steine und zum Vermauern ein nicht schnell-bindender hydraulischer Mörtel (Cement oder dgl.) verwendet werden.

Um die nachtheiligen Einflüsse der Witterung auf die Gesimsmauerung möglichst unschädlich zu machen, muss die freiliegende Oberfläche des Gesimses sorgfältig abgedeckt werden, was z. B. durch wetterbeständigen Dachschiefer geschehen kann, der in eine Schichte Cementmörtel verlegt wird. Diese Schieferdecke muss über die vordere Kante des Gesimses etwa 2—3 Cm. hervorragen und nach dieser Seite hin, ein Gefälle von etwa 2 Cm. erhalten.

Erhält das Gesims eine Attika, so muss der Schiefer 2 bis 3 Cm. unter das Mauerwerk der Attika hineinreichen und die hier entstehende Fuge, sowie jene an der Gesimskante sorgfältig mit Cement-

mörtel ausgestrichen und geglättet werden, damit nicht Sprünge in der Fuge entstehen, durch welche Wasser eindringen könnte. Auch die Anbringung der Dachrinne hinter der Attika erfordert gewisse Vorsichtsmassregeln, welche im nächsten Capitel Erwähnung finden.

β) Die Dachrinnen und Regenfallrohre.

Die Dachrinnen nebst den zugehörigen Abfallrohren haben den Zweck, das von den Dächern abfliessende Regenwasser zu sammeln und derart abzuleiten, dass weder das Gebäude und seine Constructionen noch dessen Umgebung durch Nässe geschädigt werden. Wenn auch die Dachrinnen zu den älteren und täglich vorkommenden Baustücken gehören, so ist doch die Ausführung und Anlage derselben, wie das häufige Vorkommen von Undichtigkeiten, Durchnässen der Mauern, Ueberlaufen der Rinnen u. s. w. beweist, noch sehr der Verbesserung bedürftig.

Die Dachrinne soll, damit das Wasser schnell abfliesst, ein Gefälle von 1 : 100 (0,8—1 Cm. auf 1 M. freie Länge) haben. Dadurch wird erreicht, dass auch bei leichten Niederschlägen die Rinne rasch austrocknet und Vogelexcremente, sowie Abfälle, welche aus den Fenstern auf die Dächer gelangen, rasch und leicht abfliessen, bevor sie in Zersetzung übergehen.

Die hygienischen Bestrebungen müssen darauf gerichtet sein, durch baugesetzliche Bestimmungen zu verhüten, dass Abfälle aus menschlichen Wohnungen in die Rinnen gelangen können; geschieht letzteres dennoch, so tritt bei behindertem Abfluss, wie er z. B. durch feste Partikel oder in Folge des Durchbiegens freihängender Rinnen verursacht wird, rasch Entwickelung von Bacterien ein und die Anwohner können, durch Gestank u. s. w. belästigt, die Rinnen selbst durch Ammoniak u. s. w. geschädigt und mit der Zeit leck werden. Die Rinne soll so gross sein, dass auf 1 Qm. Dachgrundfläche 1 Qcm. Rinnenquerschnitt trifft. Die Breite der Rinne soll 15—25 Cm. und ihre Höhe an der Vorderkante mindestens 7 Cm. betragen. Die Dachrinne soll eine derartig freie Lage haben, dass, wenn sie leck wird, immer noch ein Abfluss des Wassers möglich ist, ohne dass durch dasselbe Gebäudetheile durchnässt werden. Eine Rinne darf desshalb nie derart in das Mauerwerk hinein gelegt werden, dass die Feuchtigkeit unbemerkt in dasselbe eindringen kann. Die Rinne muss vielmehr ganz ausser dem Bereich der Mauer (Umfassungswand) liegen, so dass die letztere auch beim Ueberfliessen oder Undichtwerden der Rinne, selbst bei Wind, trocken bleibt. Hiergegen wird oft gefehlt, und selbst in bautechnischen Lehrbüchern wird diese

Regel oft nicht einmal erwähnt. In solchen Fällen muss, auch wenn die Rinne und Mauer durch Zinkblech isolirt sind, bei Verletzungen des letzteren das Mauerwerk durchnässt werden. Der Sitz solcher Defecte ist gewöhnlich schwer auffindbar und es wird daher in der Regel dem Mauerwerk grosser Schaden verursacht, bevor der Fehler bemerkt wird. Weiterhin muss, bei plötzlichen, starken Regen oder bei plötzlichem Aufthauen grösserer Schneemassen, ein Ueberfliessen des Wassers über den Rinnenbord nach Aussen möglich sein, damit sich das Wasser nicht höher nach der Dachfläche zu aufstaut. Die meisten Bedachungsarten ermöglichen zwar, wie schon gesagt, das Abfliessen des darauf fallenden Regens, sind aber gewöhnlich nicht wasserdicht gegen stehendes Wasser, welches sowohl durch die Fugen der Ziegel, Schiefer u. s. w. als auch durch die Poren der ersteren eindringen kann (cf. S. 387).

Alle Theile der Rinne sollen leicht zugänglich, Reinigung und Reparaturen leicht zu bewerkstelligen sein. Bei ihrer exponirten Lage sind die Rinnen dem Abreissen durch Stürme ausgesetzt, wesshalb auf gute Befestigung besonders zu achten ist.

Auf die Einzelheiten und äusserst zahlreichen Arten der Dachrinnen einzugehen, würde zu weit führen. Die obigen allgemeinen, principiellen Forderungen, sowie die Skizzen Fig. 162 bis 176 dürften jedoch genügen, um die Beurtheilung von Rinnenanlagen nach hygienischen Gesichtspunkten leicht zu machen.

Die alte Methode, nach welcher die Dachrinnen, so angebracht wurden, dass dieselben unter den Sparren- oder Balkenköpfen frei vorhingen (Fig. 162) und entweder nur nach einer Seite oder nach

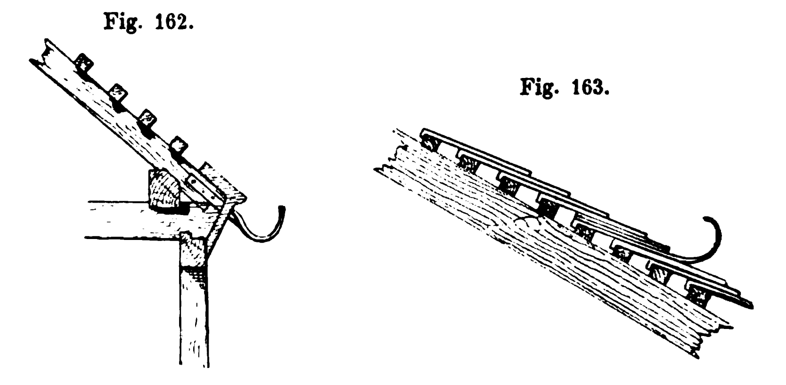


Fig. 162. Fig. 163.

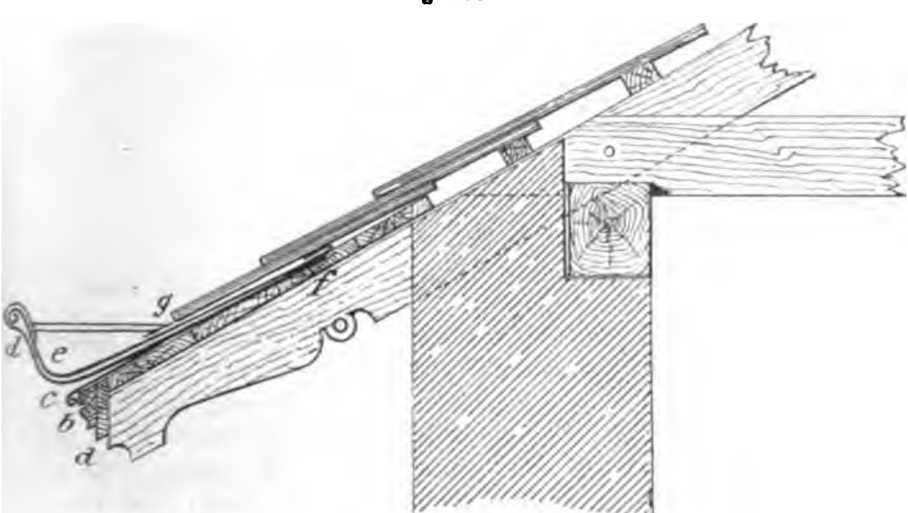
beiden Seiten hin ein Gefälle nach dem Abfallrohre erhielten, sollte als sehr primitiv bei Wohngebäuden nicht mehr zulässig sein, weil, abgesehen von der unschönen Anordnung, bei starkem Regen und

Wind, die Mauern durch Ueberlaufen und Ueberspritzen sehr gefährdet sind und die Rinne selbst leicht abgerissen wird.

Das Gleiche gilt von der frei aufliegenden Rinne (Fig. 163), die ebenfalls sehr unzweckmässig ist, da die Beschaffung des Rinnengefälles es mit sich bringt, dass unterhalb der Rinne (bis ½ Meter) breite Dachflächen entstehen, von denen das Regenwasser ungesammelt bleibt und frei abtropft, so dass dadurch sogar der Hauptzweck der Rinne, die Vermeidung der Traufe, theilweise wieder aufgehoben wird.

Beim frei überstehenden Dach lassen sich die oben genannten Anforderungen leicht befriedigen. Fig. 164 zeigt das überstehende

Fig. 164.

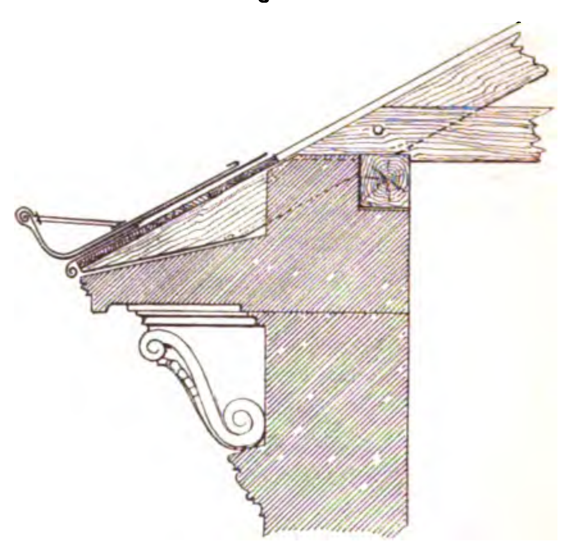


Dach in der einfachsten, fast schematischen Ausbildung. Der Sparren tritt in der Horizontalprojection 50 Ctm. vor die Umfassung; derselbe hat den üblichen Ausschnitt und der Zwischenraum zwischen den Sparren ist, soweit der Ueberstand reicht, verschalt. Vor den Sparrenköpfen ist eine Verschalung *a*, nebst Saumleiste *b* durchgeführt, welche zwar hauptsächlich den Zweck einer Gliederung hat, aber zugleich auch die schützende Wirkung des Dachüberstandes um ihre volle Breite oder Höhe vermehrt. Ueber der Saumleiste liegt zunächst ein Zinkstreifen *c*, welcher vorn zum Rundstab umgebogen, ein Eindringen des Schlagregens an die Verschalung verhindert. Dann folgt über je einem Sparren der Dachhaken *d* und die Rinne *e*, deren innerer Rand bei *f* zurückgebogen ist, um einen festeren Saum zu

bilden, der zugleich das Eindringen von durch Windstösse aufgetriebenem Wasser in das Dach verhindert. Dieser innere Rand liegt höher, als der Bord der Rinne, so dass bei ungewöhnlichen Verhält-

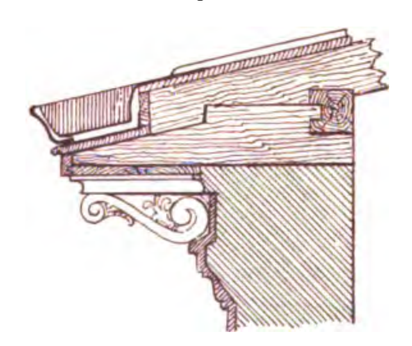


Fig. 165.



nissen, bei Ueberfüllung der Rinne eher ein Ueberfliessen nach aussen, als ein Aufsteigen des Wassers gegen innen stattfinden muss und auch eine Aufstauung des Wassers, wie sie bei wechselndem Frost und Thauwetter leicht eintritt, nicht gefährlich werden kann. Das Deckmaterial tritt möglichst tief in die Rinne herab.[1]) Die Vorzüge dieser Anlage liegen klar zu Tage. Die Rinne befindet sich gänzlich ausser dem Bereich der Mauer. Bei etwaigem Ueberfliessen oder Undichtwerden, wobei das austretende Wasser über die Verschalung nach vorn oder durch deren Fugen abfliesst, bleibt die Wand ganz unberührt und beim Regen, selbst in Begleitung von Wind, bis weit herab trocken und geschützt. Alle Theile sind leicht zugänglich und auch in architektonischer Beziehung dürfte

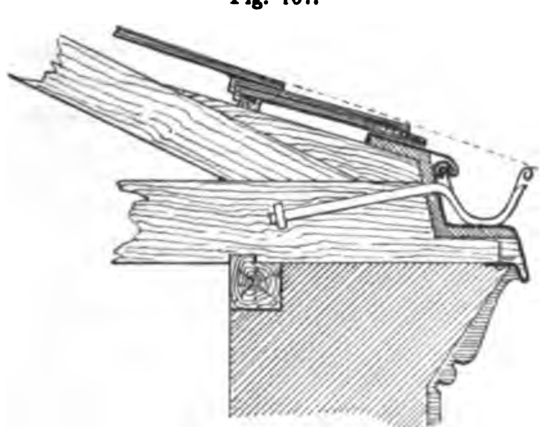
Fig. 166.



1) Nach Menzel, „Das Dach". Halle a. d. S. 1884, S. 282.

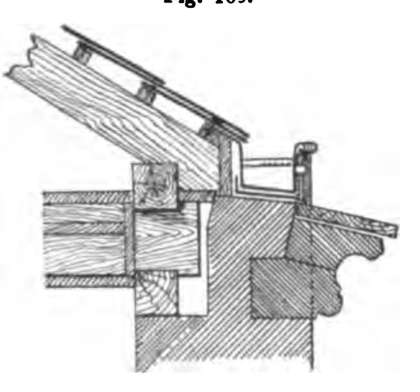
die Anlage, trotz ihrer Einfachheit entsprechen, da die Rinne in Verbindung mit der Sparrenbesäumung ein bekrönendes Gesims und zwar ihrer natürlichen Function entsprechend, den Karnis bildet und das Holzwerk durch Bemalung einen den Theilen und Gliedern der Anordnung entsprechenden Schmuck erhalten kann.

Fig. 167.



Auch bei massiven Anlagen lassen sich, nach Menzel[1]), die gleichen Principien ohne Schwierigkeit zur Durchführung bringen, wie beispielsweise Fig. 165 zeigt, in welcher die massive Hängeplatte als dominirendes Glied hervortritt, während die Rinne gleichfalls als Karnies ausgebildet ist. Dieselbe liegt ganz ausserhalb und die obere Abschrägung der Platte muss alles etwa bei einer Beschädigung der Rinne durchdringende Wasser nach aussen führen. Die Luft hat, wie man sieht, zu dem Zwischenraum zwischen den Sparrenköpfen freien Zutritt, so dass sich keine Feuchtigkeit ansammeln kann.

Fig. 168.



Auch die Fig. 166 entspricht noch unter Festhaltung der Formen eines massiven Gesimses, den gestellten Anforderungen, indem hier mit Hülfe von Aufschieblingen die Rinne gleichfalls möglichst weit nach Aussen und ausser dem Bereich der Mauer gelegt ist.

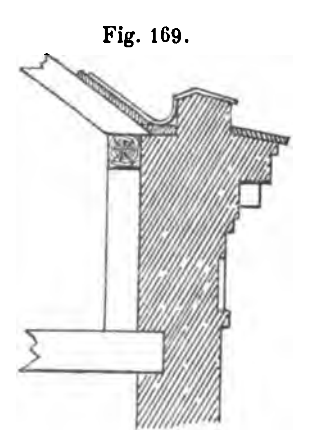
1) l. c. p. 291.

Als Beispiele für verfehlte Constructionen werden dem kundigen Blick die Fig. 167 und 168 (MENZEL, S. 295) erscheinen, da in ersterem Falle beim Ueberlaufen der Rinne oder Leckwerden derselben, bei etwas Wind, die Mauern unfehlbar durchnässt werden müssen, während in Fig. 168 die Rinne unmittelbar über der Mauer liegt und daher, wenn auch durch Zinkblech von dieser isolirt, bei Verletzung desselben eine Durchnässung des Mauerwerkes verursachen kann.

Wenn das Gesims eine Attika erhält, so muss die erforderliche Dachrinne nicht ausserhalb, sondern, der Regel nach, an der innern Seite derselben, am unteren Auslauf des Daches angebracht werden. Hierbei ist die grösste Vorsicht zu beobachten, weil bei jeder Undichtigkeit der Gosse das durchsickernde Wasser entweder in das Mauerwerk des Gesimses oder in das Innere des Gebäudes eindringen würde. Bei der verdeckten Lage der Gosse werden Undichtigkeiten erst dann bemerkt, wenn die Gebäudemauern bereits vollständig durchnässt sind und die Feuchtigkeit an der Innenfläche zum Vorschein kommt.

Hinter der Attika sammelt sich der Schnee und die Abführung des Wassers kann nur langsam erfolgen. Damit nun auch bei in der Dachrinne angehäuftem Schnee und bei plötzlichem Thauwetter das Wasser aus der Gosse nicht über den innern, auf der Dachfläche liegenden Gossenrand in das Gebäude eindringen kann, so ist es nothwendig, dass dieser Rand so hoch an der Dachfläche hinaufreicht, dass derselbe die obere Kante der Attika mindestens 12 bis 15 Ctm. überragt, so dass alsdann das etwa sich ansammelnde Wasser in der Dachgosse über die Attika nach Aussen hinabfliessen kann (Fig. 169)[1]. Diese Vorsicht wird sehr häufig unbeachtet gelassen und der Gossenrand erst dann erhöht, wenn bereits Wasser in das Innere des Gebäudes eingedrungen ist und die Mauern durchfeuchtet hat. Diese, auch bei Ballustraden, Zinnen u. s. w., kurz bei jeder Weiterführung der Frontmauern über die Hauptgesimsoberkante und die Dachrinne hinaus, auftretende Calamität, kann auch noch auf andere Weise verhütet werden. Man kann den Sockel

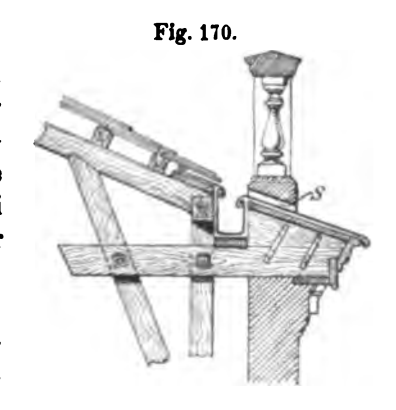
Fig. 169.



1) Nach H. MÜLLER: Die Maurerkunst. Handb. zum theoretischen u. prakt. Gebrauch für Baumeister, Architekten u. s. w. II. Aufl. Leipzig, Carl Scholtze. S. 536.

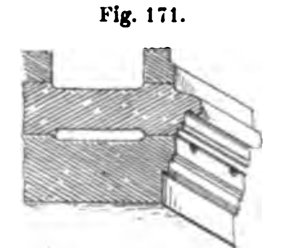
der Attika u. s. w., hinter welcher die Rinne angelegt werden muss, durchbrochen construiren, so dass das Wasser durch die Durchbrechungen abfliessen kann; ist derselbe jedoch dicht, so müssen in je 0,50 M. Entfernung Sicherheitsröhren (Fig. 170 *s*) angeordnet werden, welche durch den Sockel hindurchgehen, damit bei gefüllter Rinne das überstürzende Wasser durch dieselben abströmen kann. Immerhin besteht hier noch die Gefahr, dass bei einem Defect der Rinne das Wasser in den Dachboden und in die Zimmerdecken eindringen kann. Die Rinne sollte desshalb wenigstens derart frei im Dachraume liegen, dass jeder etwaige Schaden leicht zu bemerken ist. Noch besser wäre es freilich, wenn diese Sicherheitsröhren (*s*) so angelegt würden, dass durch dieselben sowohl das überlaufende, als auch das durch etwaige Lekagen der Rinne auf die Unterdeckung fliessende Wasser ablaufen könnte.

Fig. 170.



Mauerabdeckungen oder Dachrinnen von hartem, wetterfestem Stein über weicherem, porigem Material, das an sich sehr witterungsbeständig ist, können, wie VIOLLET LE DUC[1]) ausführt, wesentlich die Schuld an der Zerstörung des letzteren (der porösen Unterlagssteine) tragen und zwar dadurch, dass die durch die Abdeckung sickernde Feuchtigkeit sich dem darunter befindlichen Steine mittheilt, aus diesem nicht verdunsten kann und daher von innen nach aussen zu fortschreitenden Zersetzungen führt. VIOLLET LE DUC empfiehlt an Stelle solcher steinerner Abdeckungen, solche aus Metall und bei steinernen Dachrinnen, trennende, aber gelüftete Höhlungen unter denselben. Fig. 171 zeigt diese Anordnung.

Fig. 171.



Der Hygieniker muss, wenn er über die gewöhnlich unerklärlich erscheinende Feuchtigkeit in den oberen Theilen der Frontmauer zu Rathe gezogen wird, mit diesen Verhältnissen bekannt sein, in denen er sehr oft die Ursache der Durchfeuchtung finden wird.

Es gibt zwar noch eine ganze Reihe complicirter und gekün-

1) Entretiens sur l'Architecture. Bd. 2. Paris 1872. S. 25 u. ff.; citirt von E. MARX in Handb. der Architektur. III. Thl. Bd. 3. S. 31.

stelter Anlagen, welche die genannten Uebelstände beseitigen sollen; aber alle diese Anordnungen sind umständlich und kostspielig, so dass es bei unseren klimatischen Verhältnissen empfehlenswerther ist, die Attika möglichst zu vermeiden, oder wenigstens, wenn ihre Anlage wünschenswerth erscheint, ein Holzcementdach anzuwenden, bei welchem, da es vollkommen wasserdicht ist, die geschilderten Gefahren nicht eintreten können.

Beim Holzcementdach sind die Rinnenanlagen mit besonderer Sorgfalt herzustellen; denn die schwächsten Punkte der Holzcementdächer sind die Verbindungsstellen zwischen der Holzcementlage und dem Zink.

Man kann aber die Rinnen ganz vermeiden, wenn man bei Dächern eingebauter Häuser das Gefälle nach der Mitte des Gebäudes nimmt und das Dach nach einem tiefer liegenden inneren Punkte zu entwässert, so dass die Niederschläge, welche bei gewöhnlichen Regengüssen zunächst fast ganz von der Decklage aufgesaugt werden und erst allmählich absickern, durch ein inneres Abfallrohr abgeleitet werden. Man kann dabei, wenn in der Gegend Mangel an Wasser vorhanden ist, das Regenwasser in einem Bassin auffangen und zu häuslichen und industriellen Zwecken gebrauchen. Andernfalls wird dasselbe durch hohle Säulen resp. Mittelmauern direct nach dem Abflusskanal des Kellers event. unter Dach mittelst eines Abfallrohres nach den Umfassungsmauern geleitet. Unangenehm ist dabei das plätschernde Geräusch innerhalb des Gebäudes.

Aber auch bei einem freistehenden, mit flachem Satteldach versehenen Gebäude, kann man sich nach BÖCKMANN[1]) mit bestem Erfolge ganz ohne Rinnen behelfen. An den Traufkanten des Holzcementdaches werden hohe Stirnbretter angeordnet und an diesen die Holzcementlage nebst Ueberdeckung hoch geführt. In den so gebildeten Mulden müssen sorgfältig verlegte und durch Kiespackung vor Verstopfung gesicherte Drainröhren eingebettet werden.

Bei Anlage der Abfallrohre von Dachrinnen sind insbesondere scharfe Biegungen zu vermeiden, weil diese leicht zu Verstopfungen Veranlassung geben, welche nicht nur das Ueberlaufen der Rinnen zur Folge haben, sondern auch das Leckwerden an diesen Stellen begünstigen.

Die Rohre, deren Querschnitt so viele Quadratcentimeter misst, als der zu entwässernde Dachtheil Quadratmeter Grundfläche besitzt, sollen, soweit irgend möglich, in gerader senkrechter Richtung und

---

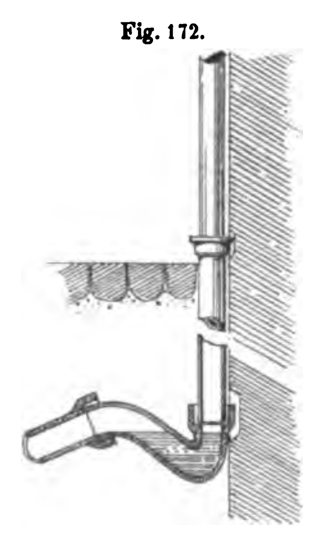
1) Deutsche Bauzeitung 1891, S. 2.

Biegungen, wo sie nöthig sind, in weiter Bogenform ausgeführt werden. Dabei sollten die Rohre in ihrer ganzen Stärke frei vor der Wandfläche, niemals aber ganz oder theilweise in der Mauer resp. im Verputz liegen, weil sie sonst in der freien Bewegung bei der durch Temperaturveränderung bedingten Ausdehnung und Zusammenziehung gehindert, leicht Verletzungen ausgesetzt wären, welche eine Durchnässung der Mauer in weitem Umfange um so mehr zur Folge haben können, als die Undichtigkeiten schwer aufzufinden sind und gewöhnlich zu spät bemerkt werden. Auch sind bei dieser verdeckten Lage Reparaturen schwer auszuführen und zwar besonders dann, wenn auch noch die Naht ganz auf der Rückseite anstatt seitlich und leicht zugänglich gelegt ist.

Keinesfalls dürfen die Rohre ganz innerhalb der Mauer versteckt oder im Innern der Gebäude herabgeführt werden. Sollen sie nicht frei vor die Wand treten, so sind im Mauerwerk passende Aussparungen anzulegen.

Die untere Ausflussöffnung sollte nie frei über dem Boden oder dem Trottoir, am wenigsten, wie es oft vorkommt, meterhoch über demselben ausgehen, weil dadurch die Sockelmauer starker Durchnässung ausgesetzt wird; sie sollte immer in den Boden eingesenkt, in ein bedecktes Gerinne münden. Das untere Ende des Rohres wird, weil es Beschädigungen leicht ausgesetzt ist, am besten durch ein Rohrstück aus Gusseisen oder Cementguss ersetzt.

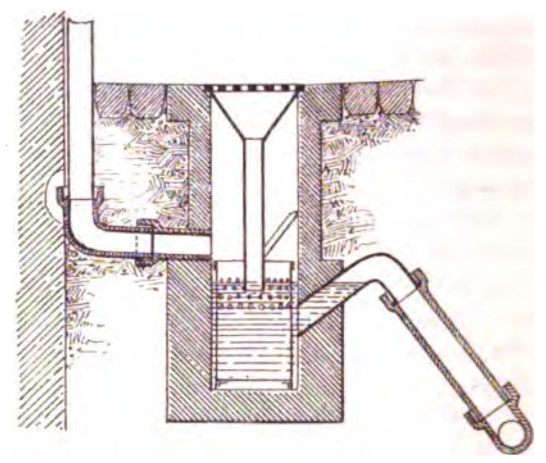
Fig. 172.



In canalisirten Städten erfolgt der Anschluss der Regenrohre an die betreffende Grundleitung vermittelst eines 1,5 bis 2 M. langen gusseisernen Fussrohres, welches in den zur Grundleitung führenden Thonrohrbogen gesteckt wird (cf. Fig. 172). Da leicht Dachdeckungsmaterialien abbröckeln und in die Dachrinne gelangen oder Mörteltheilchen von einer höheren nachbarlichen Wand oder endlich Papier, Lappen, Schalen und Kerne von Obst u. dgl. von Bewohnern höherer Geschosse auf das Dach geworfen werden, so müssen die Grundrohre vor solchen Stoffen unter allen Umständen bewahrt werden. Am einfachsten führt man zu diesem Zweck die Regenrohr-Abflussleitung (nach Fig. 173, Handbuch d. Architektur III, 5 S. 187) in ein benachbartes Gully ein,

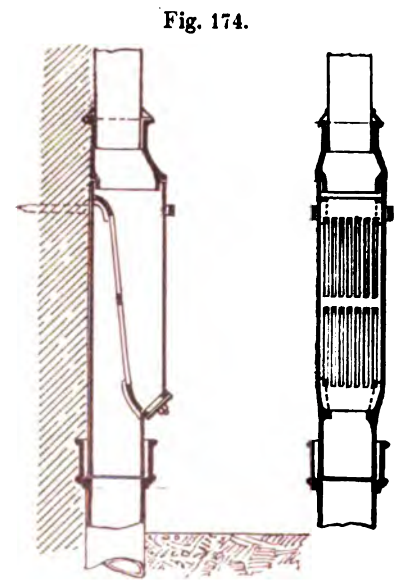
und zwar oberhalb des Wasserspiegels, oder man benutzt, wie es in Berlin, Erfurt, Karlsruhe u. s. w. gebräuchlich ist, besondere Einrichtungen.

Fig. 173.



In Berlin ist der in Fig. 174 (l. c.) dargestellte Regenrohr-Siphon zu genanntem Zweck in Gebrauch. Dieser besteht aus einem etwa 60 Ctm. hohen eisernen Kasten mit einem Querschnitt von 7×10 resp. 12×15 oder 13×18 Ctm. und abhebbarem Deckel. Dieser Kasten ist in diagonaler Richtung durch einen engen Rost getheilt, der gröbere Stoffe zurückhält. Eine wenigstens 50 Ctm. über Terrain angebrachte Reinigungsöffnung ermöglicht die Herausnahme der Sinkstoffe.

Fig. 174.



Dieser einfache und aus Giessereien billig zu beziehende Regenrohr-Siphon hat aber den Uebelstand, dass er unschön aussieht und dass bei nicht fest aufgeschraubtem und abgedichtetem Reinigungsdeckel Regen- und Thauwasser herausgequillt, welches das Fundamentmauerwerk durchnässt. Ja es kann sogar bei nachlässiger Reinigung der Querschnitt des Siphons durch Sinkstoffe

so verengt werden, dass bei starkem Regenfall das Regenwasser keinen Abfluss findet, sondern sich an den Stössen der Regenrohrschüsse Bahn bricht und die Frontmauer überströmt. Im Winter können auch angehäufte Sinkstoffe soviel Wasser zurückbehalten, dass dasselbe beim Gefrieren den Kasten zersprengt.

Viel zweckmässiger ist es desshalb einen Regenrohr-Schlammfang mit Wasserverschluss nach Fig. 175 anzuwenden, welcher derart unterirdisch verlegt wird, dass der Wasserspiegel in frostsicherer Tiefe sich befindet. In die Muffe des Schlammfanges wird ein Standrohr mit gusseisernem Abzweig verbleit, dessen Muffe bündig mit dem Hofterrain liegt und daselbst mit einem Deckel verschlossen wird.

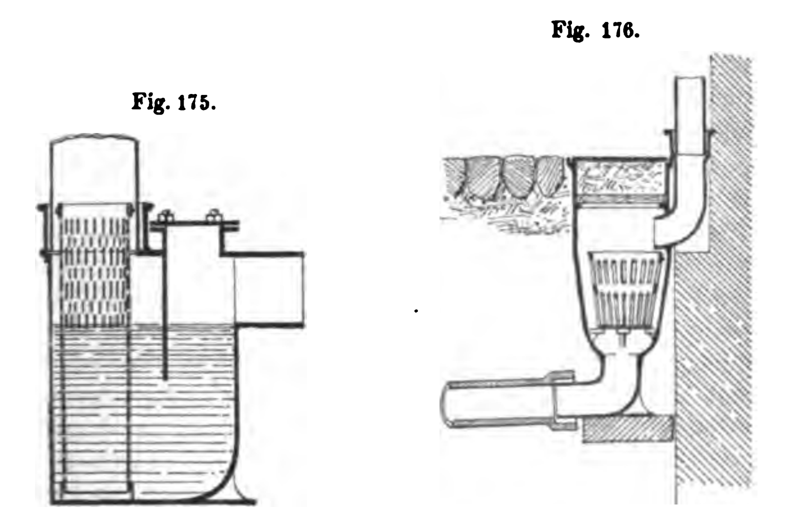


Fig. 175.

Fig. 176.

Der Abzweig des Standrohres nimmt unter Vermittlung eines Bogens das Regenfussrohr auf. Im Schlammfang steht ein Schlammkorb aus durchlochtem verzinktem Eisenblech. Die Löcher sind Schlitze von 2 Mm. Breite und 20 Mm. Höhe. Am empfehlenswerthesten ist der in Erfurt gebräuchliche Regenrohr-Schlammfang von Panse (Fig. 176). Bei demselben werden die Sinkstoffe von einem Schlammeimer zurückgehalten, der auf kleinen Consolen innerhalb eines grösseren sich nach unten verjüngenden Behälters steht. Die Wände des Schlammeimers bilden einen engen Rost. Die Einwirkung des Frostes kann durch entsprechende Verpackung unterhalb der Abdeckplatte abgehalten werden.

Wenn das Regenrohr mit der Hausleitung und dem Strassencanal in offener Communication steht, so kann es den Fenstern von Dach-

wohnungen, oder den über der Dachrinne gelegenen Fenstern von Nachbargebäuden Canalluft zuführen. Dieser Fall tritt oft ein, d. h. solche Dachrinnen sind häufig die schwer auffindbare Ursache unerklärlichen Gestankes. Regenrohre dürfen desshalb in solchen Fällen niemals ohne Wasserverschluss der Grundleitung angeschlossen werden. Wenn die Anlage eines Schlammfanges mit Wasserverschluss nicht nöthig ist, so müssen die Fussrohre der Regenrohre anstatt in den zur Grundleitung führenden Thonrohrbogen (Fig. 172) zunächst in einen halb∿förmigen liegenden Wasserverschluss geführt werden, um das Aufsteigen von Gasen aus der Grundleitung und Canälen unmöglich zu machen.

2. *Das Dach als Schutz gegen Kälte und Wärme.*

Für die Wärmeökonomie des Hauses kommt das Dach ganz besonders in Betracht, da meistens ein sehr grosser, oft sogar der grösste Theil der Abkühlungsfläche durch dasselbe gebildet wird.

Wenn es sich daher darum handelt, das Innere des Hauses gegen Temperatureinflüsse von aussen zu schützen, so muss man Bedachungsmaterialien von möglichst schlechter Wärmeleitungsfähigkeit wählen. Wenn aber aus anderen Gründen gute Wärmeleiter zur Bedachung verwendet wurden, so ist die Herstellung von Isolirungen durch ruhende Luftschichten oder durch schlecht wärmeleitendes Material unter solchen Bedachungen nöthig.

Ruhende Luftschichten bilden, da die Luft ein sehr schlechter Wärmeleiter ist, ein vorzügliches Mittel zur Herstellung wärmeerhaltender Bedachungen. Solche Luftschichten leisten aber nur dann durch bedeutende Reduction des Wärmeverlustes ausgezeichnete Dienste, wenn dieselben vollständig abgeschlossen sind, d. h. jede Luftcirculation durch geeignete Herstellung vollständig vermieden wird, während ihr Werth gering oder ganz illusorisch wird, wenn ein solcher Abschluss, was in der Praxis häufig der Fall ist, nicht zu Stande kommt. Wie sorgfältig man in kalten Ländern dieser Bedingung gerecht zu werden versucht, geht aus einer Mittheilung VOLKMANN'S[1]) über die Construction russischer Dächer hervor: „Das Dach ist derart gebildet, dass auf den Dachsparren oder Deckenbalken eine Lage 7,5 Cm. starker, gefalzter Bohlen ruht, die mit starkem Woilok (sogenannter „Koschnä“, d. i. Filz, wie er zu den Hütten [Jürty] der nomadisirenden Steppenvölker gebraucht wird) und mit darüberliegender Dachpappe abgedeckt sind. Auf dieser Lage ruhen des weiteren die Dachlatten, deren Querschnitt rund

1) Mittel zur Abhaltung der Kälte von Wohnungen und Ställen. Centralbl. d. Bauverwaltung 1888, S. 175.

6 Cm. im Quadrat beträgt. Hierauf folgt endlich das aus zwei Bretterlagen und einer Asphaltpappenschicht bestehende Dach. Auf der Innenseite, d. h. nach dem Innenraume zu, sind die Dachsparren mit 13 Mm. starken Brettern bekleidet. Die Seitenwände der Dachfenster bestehen aus zwei, durch eine Woilokschicht getrennten Lagen von 6,4 Mm. starken, gefalzten Brettern, während sämmtliche Fenster als Doppelfenster ausgebildet sind.“ Durch die Dichtung vermittelst Asphaltpappe und Filz wird bei dieser Construction eine ruhende Luftschicht wirklich erzielt. Es ist aber einleuchtend, dass dieser Zweck durch einfache Bretterverschalungen in ein-, zwei- oder dreifacher Lage, wie es bei uns oft versucht wird und wobei man die Zwischenräume als Luftschicht benutzt, nicht leicht zu erreichen ist. In den meisten Fällen kommt hierbei in Folge des Rissigwerdens des Holzes sehr bald Luftcirculation zu Stande.

Um dies zu vermeiden, hat man die Zwischenschichte mit porösem Material, wie Lohe, Sägespäne, Schlackenwolle u. dgl. ausgefüllt, nachdem man diese Masse, um das Durchrieseln durch die entstehenden Fugen unmöglich zu machen, durch Kalk- oder Lehmbeimischung in festeren Zusammenhang gebracht hatte. Diese Mischungen, welche in feuchtem Zustand eingefüllt werden müssen, trocknen jedoch schwer aus und in Folge davon kommt es leicht zur Entwickelung von Schimmelpilzen oder Hausschwamm. Luftschichten können auch geradezu schädlich werden, wenn dieselben durch Holzverschalung in verschiedenen Lagen übereinander hergestellt sind und eine sehr feuchte und warme Luft im Gebäude zur Einwirkung gelangt. Hier bilden sich in den Luftkammern durch Abkühlung Wasserniederschläge, welche von der Holzverschalung aufgenommen, die Leitungsfähigkeit derselben für Wärme vergrössern und zu Schimmelpilzentwickelung, Fäulniss u. s. w. führen. In diesem Falle muss man, um eine stets wirksam bleibende Luftschicht zu erhalten, eine einzige, gleichmässige, entsprechend dicke Schalung wählen, deren Oberfläche gegen directe Aufnahme von Feuchtigkeit noch durch entsprechenden Putz mit Cement u. dgl., und eventuell ausserdem mit einem harzigen Ueberstrich geschützt werden muss.

Durch die obigen Bemerkungen soll übrigens der Werth der Schlackenwolle u. s. w. als Isolirungsmaterial keineswegs bestritten, sondern lediglich auf die Nothwendigkeit einer d i c h t e n Schalung hingewiesen werden. Bringt man Schlackenwolle in Schichten von 4—5 Cm. Dicke unter Metalldächern an, so werden diese schlechtere Wärmeleiter, d. h. sie erhalten die Dachwohnungen im Sommer kühler und im Winter wärmer. Die Schlackenwolle ist auch den Ratten und

Mäusen antipathisch, sie hat aber in Folge ihres Gehaltes an Schwefelcalcium auch gewisse Nachtheile (cf. S. 255). Die Schlackenwolle erhält man, indem man einen starken Dampfstrahl auf einen Fluss geschmolzener Schlacken strömen lässt. Auf dem Krupp'schen Eisenwerk wird die Schlackenwolle zu 11 Mark per Kilocentner verkauft und mit 20 Kilogramm lässt sich eine 15 □m. grosse Dachfläche mit einer 4 Cm. dicken Schichte isoliren. Die Transportkosten vertheuern selbstverständlich den Bezug der Schlackenwolle, deren Preis sich bei allgemeinerer Anwendung aber wesentlich erniedrigen wird.

Billige Bedachungen mit ruhenden Luftschichten lassen sich auch durch Benutzung der gegenwärtig in grosser Auswahl im Handel vorkommenden undurchlässigen Papier- und Dachfilzsorten herstellen. Wo aber die Kosten nicht so sehr in Betracht kommen, wird man zu den, ebenfalls zahlreich zur Verfügung stehenden künstlichen Isolirungsmaterialien (Korksteine, Gypsdielen, Spreutafeln, Xylolith u. s. w.) greifen, welche ausser durch sehr schlechte Wärmeleitungsfähigkeit auch durch ihr geringes Gewicht zur Herstellung sicher und dauerhaft wirkender Schalungen geeignet sind.

Bei Wellblechdächern über Localen in denen viel Wasserdampf erzeugt wird, lassen sich durch gewöhnliche Bretterverschalungen, gleichviel ob dieselben direct an das Wellblech oder in einiger Entfernung von demselben angebracht werden, keine befriedigenden Resultate erzielen, weil der in der Vertiefung der Welle verbleibende Luftraum stets zur Condensation von Wasser Veranlassung gibt und den Zweck der Isolirung vereitelt. Nach Grünzweig kann aber die Bildung von Condensationswasser vollkommen durch eine Schalung verhütet werden, welche sich luftdicht an die Form des Wellbleches anschliesst. Ein Wellblechdach, welches in dieser Weise mit entsprechend profilirten, dicht angeklebten 33,5 Mm. dicken Stücken aus Korkstein verschalt wurde, gab eine Reduction des Wärmeverlustes gegenüber dem nackten Blech um 40 Proc. Durch Vermehrung der Dicke der Schichte kann man selbstverständlich jeden gewünschten Effect erreichen.

Aber auch zur Isolirung anderer Dächer sind Korksteine vorzüglich geeignet. Das Verlegen der Korksteine geschieht entweder zwischen den Sparren auf einer Unterlage von Gipserlättchen (Fig. 177 a b c d) oder von Bretterschalung, oder es werden dieselben auf Latten oder Brettschalung, welche unterhalb der Sparren angebracht werden, aufgeschraubt. Letzterer Fall tritt auch stets ein an fertigen Dachpappe- bezw. Holzcementdächern, Schieferdächern u. s. f. Auch zur Isolirung von Sheddächern, sowie von Dächern hergestellt aus Beton zwischen

eisernen I-Balken hat sich die Anbringung von Korksteinen bewährt. Bei letzteren geschieht die Befestigung mittelst Ankleben durch Gyps.

Fig. 177 a.

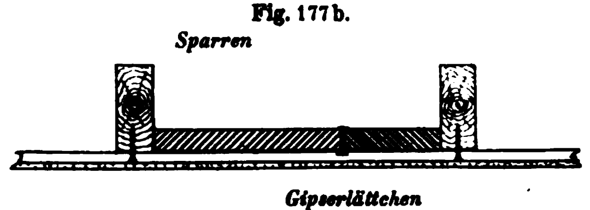


Fig. 177 b.

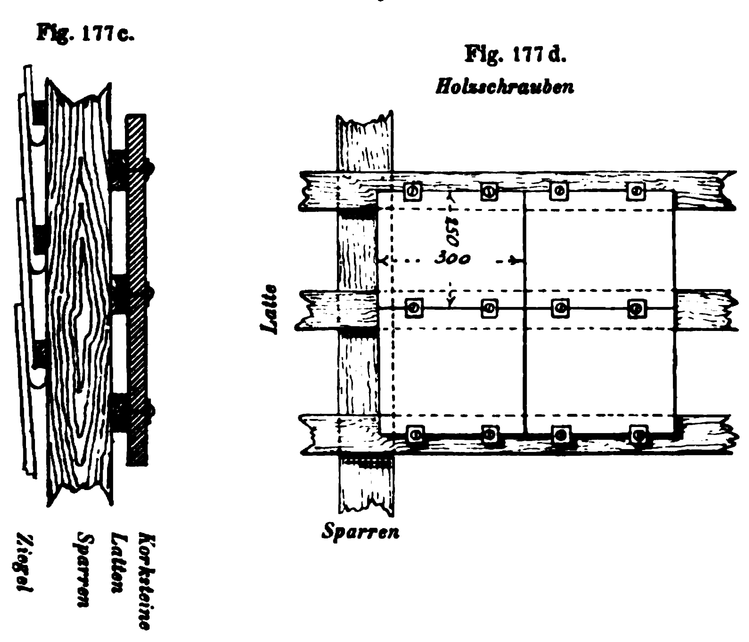


Fig. 177 c. Fig. 177 d.

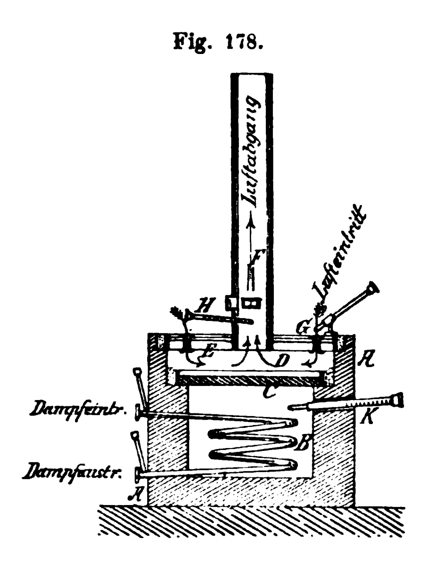
Dr. Grünzweig[1]) hat die Wärmedurchlässigkeit verschiedener Bedachungsmaterialien in folgender Weise bestimmt (Fig. 178):

Einer quadratischen, aus Korksteinen hergestellten und daher gegen Temperatureinflüsse möglichst geschützten Kammer *A* wird

1) Gesundheitsingenieur 1886, S. 541.

durch eine kupferne Dampfschlange *B* mittelst Dampf (aus einem Dampfkessel) von ca. 5,5 Atmosphären Ueberdruck eine constante Wärmemenge zugeführt. Die obere Seite dieser Kammer ist durch das zu untersuchende Object *C* abgeschlossen. Ueber demselben befindet sich ein Raum *D*, welcher mittelst eines Deckels *E* nach Aussen abgeschlossen und so ebenfalls gegen Temperatureinflüsse geschützt ist. Durch diesen Raum wird eine während jeden Versuches constante Luftmenge hindurchgeführt. Die Wärme, welche durch die Versuchsplatte hindurchgegangen ist, wird in den Luftstrom abgegeben und erhöht dessen Temperatur. Diese Temperaturerhöhung und die anemometrisch gemessene Luftmenge geben die Grundlage zur Berechnung der Wärmemenge, welche in einer bestimmten Zeit durch das zu untersuchende Material gegangen ist.

Fig. 178.



Der erwähnte Deckel *E* besteht aus dünnen Papierlagen, zwischen welchen sich Luftschichten befinden. Ein derartiger Abschluss schützt möglichst gegen äussere Temperatureinflüsse und besitzt möglichst geringe Eigenwärme. Es ist dies nothwendig, damit er leicht den Temperaturschwankungen der Luft folgen kann, ohne auf den Gang des Versuches störend einzuwirken. Dieser Deckel *E* trägt einen Ventilationsschlot *F*, dessen Wände ebenfalls aus Papierlagen gebildet sind. Der Lufteintritt erfolgt an durch vier an den Ecken des Deckels angebrachten Oeffnungen *G*. Die Temperatur der eintretenden Luft wird durch Thermometer gemessen, welche sich unmittelbar über den Oeffnungen befinden. Die Temperatur der abströmenden Luft wird durch ein in dem Ventilationsschlot befindliches Thermometer *H* gemessen. Sämmtliche Thermometer sind in $^1/_{10}$ getheilt. Zur Messung der durchströmenden Luftmenge dient ein Anemometer *J*, welches durch eine Oeffnung in den Ventilationsschlot hineingebracht werden kann (oder aber besser das Recknagel'sche Differentialmanometer). Die Temperatur im Heizraum wird durch das Thermometer *K* gemessen.

Die Beobachtungen beginnen sobald das Thermometer im Heizraum constante Temperatur und ebenso die oberen Thermometer gleichmässigen Gang zeigen, was beweist, dass der Beharrungszustand eingetreten ist. Hierzu sind je nach der Beschaffenheit des zu untersuchenden Objectes 1- bis 3mal 24 Stunden nöthig. Während eines ca. 24 Stunden beanspruchenden Versuches werden ca. 6 bis 10 Ablesungen der Thermometer und des Anemometers vorgenommen und das Mittel dieser gut übereinstimmenden und sich selbst controlirenden Beobachtungen wird, wie üblich, zur Berechnung gezogen. Es ergeben sich

1. Temperatur im Heizraum,
2. Temperatur der einströmenden Luft,
3. Temperatur der austretenden Luft,
4. Luftmenge.

	I. Beobachtungen												II. Ergebnisse				
	A. Temperaturen								B. Luftmengen				C. Durchgegangene Wärmemenge				
	Im Heizraume		der eintretenden Luft = t		der austretenden Luft = t_1		Temperaturdifferenz $t_1 - t$		Geschwindigkeit nach den Anemometer		Luftmenge pro Minute		auf 0,435 Qm. und Stunde			auf 1 Qm. und Stunde	
	I °C	II °C	I °C	II °C	I °C	II °C	I °C	II °C	I Met.	II pro Min.	I Cbm	II Cbm.	I W.-E.	IIa W.-E.	IIb corrig. mit 1,07 W.-E.	I W.-E.	II corrigirt W.-E.
1.	132	112,5	14,0	13,4	30,5	48,1	16,5	34,7	25,5	35,0	0,367	0,504	99,0	273,6	292,7	228,0	673,0
2.	129,5	130,5	9,3	8,5	25,7	25,0	16,4	16,5	26,2	24,2	0,377	0,348	103,8	96,6	103,4	238,0	238,0
3.	131,5	82,0	14,8	15,2	31,0	76,2	16,2	61,0	25,2	49,5	0,363	0,713	97,14	626,4	670,2	223,0	154,0

Aus diesen Daten lässt sich die Wärmemenge, welche in einer bestimmten Zeit durch das Versuchsobject hindurchgegangen und an die durch den oberen Raum strömende Luft abgegeben wurde, wie folgt berechnen: Nennt man Q das aus dem anemometrisch gemessenen Luftquantum berechnete Luftgewicht, t und t_1, die Eintritts-, bezw. Austrittstemperatur der durch den Ventilationschlot angesaugten Luft, so

ist Q (t_1 — t) × 0,23741 = W = derjenigen Wärmemenge, welche in der Zeiteinheit an die Luft abgegeben bezw. durch das Versuchsobject hindurch gegangen ist. Da bei dem Wechsel der Aussentemperatur, welche in den Apparat eintritt, die Gewinnung vergleichbarer Zahlenwerthe unmöglich wäre, so müssen ganz gleiche Apparate (I u. II) gleichzeitig benützt werden, deren einer (I) das Vergleichsobject (bei GRÜNZWEIG's Versuchen eine 40 Mm. starke Korksteinplatte) trägt. Die Versuchsobjecte waren 0,5 Qm. gross. Beispielsweise folgen hier die sämmtlichen Zahlen für einige Versuche bei denen die Wärmedurchlässigkeit 1. einer Lage dünnen Papiers, 2. einer 40 Mm. dicken Korksteinplatte und 4. bei leerem Kasten bestimmt wurde.

Die Zahlen für die Wärmedurchlässigkeit sind zwar nur relative, aber für die Genauigkeit derselben spricht der Umstand, dass, als beide Apparate (I u. II) mit zwei gleichen Korksteinplatten beschickt waren, die für die Wärmedurchlässigkeit ermittelte Zahl bei Apparat I u. II Uebereinstimmung bis auf 4 Proc. zeigt (Versuch 2 ergiebt 103,8 u. 103,4). Da die Heizschlange stets eine gleiche Menge Wärme zuführt, so wird die Temperatur im Heizraum um so niedriger, je grösser die Wärmedurchlässigkeit der untersuchten Abschlussplatte ist. In dem Versuch, bei welchem die Abschlussplatte ganz weggelassen, also eine freie Communication der Luft zwischen Heiz- und Ventilationsraum besteht, sinkt die Temperatur im Heizraum gegenüber jenem Versuch, in welchem ein Blatt Papier den Abschluss bildet, von 112,5 auf 82,0 herab, während die Temperaturzunahme der Luft 61° gegenüber 34,7° bei Papierabschluss und die Geschwindigkeit im Ventilationskanal 49,5 gegen 35 pro Minute beträgt, so dass also, wie selbstverständlich die durch den Schlot abströmende Luftmenge mit der Temperatur derselben und dadurch mit der Wärmedurchlässigkeit in Zusammenhang steht.

GRÜNZWEIG hat nach der beschriebenen Methode die relative Wärmedurchlässigkeit zahlreicher Materialien, die zu Bedachungen und Verschalungen Verwendung finden, ermittelt. Columnen I giebt die jeweiligen, durch die Vergleichsplatte (Korkstein von 40 Mm. Dicke und 1 Qm. Fläche) gegangenen Wärmeeinheiten und Columne II die durch das betreffende 1 Qm. grosse Versuchsobject durchgegangenen Wärmeeinheiten. Setzt man die jeweils durch die Korksteinplatte von 40 Mm. gegangenen Wärmeeinheiten = 100, so erhält man als Vergleichswerthe respective Verhältnisszahl für die verschiedenen Versuchsobjecte die in Columne III aufgeführten Werthe, also z. B.

$$\text{Nr. I} = 222,\ \text{II} = 650,\ \text{hieraus}\ \frac{650 \,.\, 100}{222} = 292$$

In den meisten Fällen wurden die Fugen der Schalung respective des Versuchsobjectes geschlossen, d. h. ohne Fugen gedacht, was durch eine Papierunterlage erzielt wurde. Sämmtliche derartig untersuchten Präparate sind mit (p) bezeichnet.

Nr.	Bezeichnung der Versuchsobjecte	Durchgegangene Wärme auf 1 Qm.		Verhältnisszahl bezogen auf 40 Mm. Korkstein = 100
		I W.-E.	II W.-E.	
	1. *Luft, Papier und Luftschichten.*			
1.	Kasten, leer (Luft)	223	1540	690
2.	Eine Lage dünnes Papier	228	673	296
3.	2 Bogen dünnes Papier, dazwischen eine 60 Mm. hohe Luftschichte	215	481	224
	2. *Dächer ohne Schalung.*			
4.	Wellblech, Profil I, 25/120 Mm.	222	650	292
5.	Falzziegeldach	222	580	260
6.	Dachpappedach aus 1" hergestellt, auf der unteren Seite mit Rohrputz (p)	237	305	129
7.	Holzcementdach, hergestellt aus 1" Brett, vier Bogen Papier und 60 Mm. hoher Kiesschichte	210	230	110
	3. *Verschalungen der Dächer.*			
8.	Schilfbretter 30 Mm. dick (p)	221	316	143
9.	1" Brett mit dichten Fugen mit Rohrputz (p)	240	286	119
10.	Schilfbretter 50 Mm. dick (p)	215	248	115
11.	Holz ohne Fugen und Risse, 40 Mm. dick (p)	225	255	113
12.	30 Mm. dicker Korkstein unverputzt (p)	210	230	109
13.	40 Mm. starker Korkstein, unverputzt (p)	238	238	100
14.	Zwei Lagen 1" Bretter, dazwischen 30 Mm. hohe Luftschichte, unterhalb Rohrputz (p)	230	226	99
15.	Korkstein 40 Mm. dick auf beiden Seiten Gipsputz	216	184	85
16.	1" Brett in Verbindung mit 40 Mm. Korkstein unterhalb Rohrputz (p)	232	172	74
17.	Korkstein 120 Mm. dick ohne Putz (p)	208	115	55
	4. *Verschalte Dächer.*			
18.	Falzziegeldach mit einer Papierunterlage (p)	226	440	200
19.	Falzziegeldach mit einer Schalung aus 1" Brett	233	290	124
20.	Wellblech, Profil I, mit dichtanliegenden Profilstücken aus 33 Mm. dicken Korkstein	221	260	118
21.	Falzziegeldach mit 1" Brettverschalung (p)	230	240	105
22.	Falzziegeldach mit 1" Brettverschalung und Rohrputz (p), Brett wie üblich mit Fugen	233	230	99
23.	Falzziegeldach mit zwei Lagen 1" Brett verschalt, dazwischen 20 Mm. Luftschichte	226	190	85
24.	Falzziegeldach mit 40 Mm. Korkstein verschalt, letztere auf Gipserlättchen ohne Putz (p)	226	176	78

Nr.	Bezeichnung der Versuchsobjecte	Durchgegangene Wärme auf 1 Qm. I W.-E.	II W.-E.	Verhältnisszahl bezogen auf 40 Mm. Korkstein = 100
25.	Dachpappedach aus 1" Brett (rissig) mit 40 Mm. Korkstein verschalt, unterhalb Rohrputz (p)	232	172	74
35.	Ziegeldach mit 3 Lagen 1" Brettern verschalt, dazwischen je 20 Mm. Luftschichte	239	168	74
36.	Ziegeldach mit 2 Lagen 1" Brettern verschalt, dazwischen 20 Mm. Luftschichte, unterhalb Rohrputz (p)	228	156	68
37.	Ziegeldach mit 2 Lagen 1" Brettern verschalt, dazwischen 50 Mm. Luftschichte, Rohrputz (p)	216	145	67
38.	Falzziegeldach mit 3 Lagen 1" Brettverschalung, keine Luftschichte zwischen den einzelnen Lagen	213	137	64
39.	Dasselbe mit je 20 Mm. Luftschichte zwischen den einzelnen Bretterlagen (p) .	222	135	61
40.	Holzcementdach, wie in Versuch 7 construirt, mit 40 Mm. Korkstein verschalt, unterhalb Rohrputz (p)	212	129	61
41.	Falzziegeldach mit 65 Mm. starkem Korkstein verschalt, letztere auf Lättchen ohne Putz (p)	224	135	60
42.	Falzziegeldach mit 3 Lagen 1" Brettern verschalt, dazwischen je 20 Mm. Luftschichte, Rohrputz (p)	230	134	58
43.	Falzziegeldach mit Schalung aus 65 Mm. dickem Korkstein, auf Gipserlättchen verlegt, auf beiden Seiten Gipsverputz .	208	113	54
	5. *Backstein, Korkstein, Tuffstein, Schlacken.*			
44.	Backstein massiv 65 Mm. dick	210	465	221
45.	Backstein hohl 65 Mm. dick	208	438	211
46.	Backstein massiv 120 Mm. dick	215	355	165
47.	Backstein hohl 120 Mm. dick	210	340	160
48.	Tuffstein 120 Mm. dick	220	265	120
49.	Holz 40 Mm. dick, ohne Fugen und Risse (p)	225	255	113
50.	Korkstein 30 Mm. dick, ohne Verputz (p)	210	230	109
51.	Korkstein 40 Mm. dick, ohne Verputz (p)	238	238	100
52.	Schlacken 120 Mm. dick, auf einer Eisenplatte	215	187	87
53.	Schlacken 240 Mm. dick, auf Eisenblech .	219	150	68
54.	Korkstein 65 Mm. dick, ohne Verputz (p)	229	176	77
55.	Korkstein 65 Mm. dick, beiderseitig Gipsputz	213	144	67
56.	Korkstein 120 Mm. dick	208	115	55

Diese Zahlen sind insofern sehr instructiv, als sie werthvolle Anhaltspunkte gewähren bei der Auswahl von Dächern und Verschalungen, die einen ausgiebigen Wärmeschutz bieten sollen.

Nach den obigen Versuchen ist das Holzcementdach, gegenüber den anderen Dacheindeckungen bezüglich schlechter Wärmeleitung, wie vorauszusehen war, das Beste. Der Wärmeschutz, den dasselbe gewährt, kann aber, wie Versuch 40 zeigt, durch eine Verschalung mit 40 mm dicken Korksteinen noch sehr beträchtlich erhöht werden.

Bezeichnet man die Wärmedurchlässigkeit des Holzcementdaches mit 1, so reihen sich die übrigen wie folgt an:

Holzcementdach	=	1
Dachpappedach	=	1,18,
Falzziegeldach	=	2,36,
Wellblechdach	=	2,65.

Das Falzziegeldach functionirt, in Folge seiner zahlreichen offenen Fugen, in Bezug auf Wärmecapacität, fast so schlecht wie das Wellblechdach. Spannt man aber auch nur eine Lage dünnes Papier unter das Falzziegeldach, so lässt dasselbe nur noch 1,8 mal so viel Wärme durch, als das Holzcementdach. Die Wärmedurchlässigkeit wird um $^1/_4$ verringert. Dieser bedeutende Effect wird einfach durch die Behinderung der Luftdurchströmung erzielt und es ist deshalb von grösster Wichtigkeit, die Schichten, welche als Schalungen dienen, möglichst dicht herzustellen und ein Material zu wählen, welches nicht nachträglich durch Schwinden und Rissigwerden Gelegenheit zur Luftcirculation gibt. In Versuch 19 und 21 ist das Falzziegeldach mit einer Schalung aus 1″ Brett untersucht mit (21) und ohne (19) weitere Papierunterlage. Zweck der Untersuchung war, zu ermitteln, inwieweit eine Schalung, welche durch Schwinden des Holzes Risse und Fugen bekommen hat, gegen eine solche ohne Fugen und Risse in der Wirkung zurückbleibt. Die fugenfreie Schalung suchte man durch die Papierunterlage (die übrigens durch die Poren, wie das Holz, Luft durchlässt) zu erreichen. Die Differenz beträgt 16 Proc. zu Gunsten der Schalung ohne Fugen. Selbstverständlich ist dieselbe ganz von der Zahl und Grösse der Fugen und Risse abhängig. —

3. Die Ventilation des Daches.

Wie bei den Mauern, so wird auch beim Dache die natürliche Ventilation, weniger durch die Poren des Eindeckungsmaterials (Ziegel u. s. w.), sondern hauptsächlich durch die zufälligen Spalten und Ritzen oder durch absichtlich angebrachte Oeffnungen vermittelt. Bei Ziegel- und Schiefer-Dächern mit ihren zahllosen Fugen braucht man erfahrungsgemäss keine besonderen Ventilationseinrichtungen.

Bei allen luftdicht schliessenden Bedachungen aber, also namentlich bei Metalldächern (aus Kupfer, Blei, Zink oder ver-

zinntem Eisenblech), sowie bei Theerpappe-, Asphaltfilz-, Holzcement-Dächern u. s. w. ist eine besondere Ventilation des unter dem Dach befindlichen Raumes nothwendig.

Unterlässt man in diesen durch die Dachdeckung nach oben luftdicht geschlossenen Räumen für Luftcirculation Sorge zu tragen, so ist die unausbleibliche Folge, dass zunächst durch Wassercondensation das Holzwerk nass und dann von Pilzen befallen wird, welche nicht nur eine sehr baldige und vollständige Zerstörung des Holzes herbeiführen, sondern auch durch die Entwickelung übler Gerüche, sowie durch Uebertragung der Feuchtigkeit auf die unter dem Dachraum gelegenen Zimmer Unzuträglichkeiten für die Gesundheit der Bewohner verursachen.

Wie bereits erwähnt, ist im Innern des Hauses, so lange dessen Räume wärmer sind, als die äussere Luft, also im Winter, Frühjahr und Herbst, sowie im Sommer während der Nacht, ein aufsteigender Luftstrom zu constatiren. Diese Luft nimmt auf ihrem Wege vom Erdgeschoss zum Speicher, von Stockwerk zu Stockwerk immer mehr von dem im Haushalt reichlich erzeugten Wasser auf, bis sie an der unteren Fläche der Bedachung sich abkühlend, die Fähigkeit verliert, sämmtlichen in sich aufgenommen Wasserdampf festzuhalten. Es kommt nun zur Ausscheidung von tropfbar flüssigem Wasser auf dem Holze, so dass letzteres allmählig damit durchtränkt und durch zeitweise Verdunstung Anlass zur Kälteerzeugung und zu vermehrter Condensation gegeben wird. Auf diese Weise wird durch das schliesslich von der Schalung abtropfende Wasser auch alles übrige Holzwerk durchnässt und dies tritt um so leichter ein, weil das Holzwerk in den allerseltensten Fällen vollständig ausgetrocknet zum Baue verwendet wird.

„In mit Metall bedeckten Wohnhäusern, sagt von PETTENKOFER, und bei zu kleinen oder geschlossenen Dachlucken, findet man zeitweise, namentlich bei eintretender Temperaturerniedrigung, dass die ganze innere Dachfläche schwitzt und das Wasser in Tropfen herunterfällt. Das ist Wasser aus der Hausluft, welches sich oben an der inneren Dachfläche, wie in Zimmern an den Fensterscheiben niederschlägt, weil keine Luft durch den Speicher zieht, die es entfernen könnte. Bei offenem Fenster im Zimmer schwitzt kein Fensterglas. Viele Landwirthe, namentlich in der Nähe des Gebirges, wo es mehr regnet, als im Flachlande und die Heu- und Getreideernten oft noch etwas feucht in die Scheunen kommen, haben lehrreiche Erfahrungen darüber gemacht, was es für Folgen hatte, wenn sie schadhafte Stroh- oder Schindeldächer mit einem neuen, sehr dicht schliessenden

Metalldach vertauschten. Heu und Getreide, die sich vorher unter dem Stroh- oder Schindeldach ganz gut erhalten hatten, wurden in der nämlichen Scheune unter dem Metalldache jedes Jahr schimmelich und verdarben, bis man grössere Dachlucken anbrachte, damit mehr Luft durchgehen konnte."

Architekt O. SCHMIDT [1]) beschreibt Fälle (der eine betraf ein Zinkdach, der andere ein Asphaltdach) bei welchen in dem von der Zuströmung und Cirkulation frischer Luft abgeschlossenen Dachraume die Balken und Sparren in Zeit von einem Jahre mit Hausschwammmycel überzogen und zum Theil schon vermodert waren. Man war in beiden Fällen dem Uebel durch den Geruch dieser Vegetation, welcher sich der Gesundheit sehr nachtheilig zeigte, auf die Spur gekommen.

Ueber ähnliche Vorkommnisse berichtet L. DEGEN [2]) und betont dabei, dass besonders dann, wenn der Dachraum zur Magazinirung von Kleidern und Betten und anderer werthvoller Gegenstände verwendet werden soll, oder wenn das Dach zugleich als Decke eines Krankensaales oder von Wohnräumen dient, grosse Vorsicht geboten ist, sowohl in der Wahl des Deckmaterials, als auch in den Construction der Eindeckung selbst. „Da nämlich zum Schutze gegen die Folgen von Temperaturschwankungen das ganze Sparrenwerk von unten zu verschalen und selbst mit einer Putzdecke zu versehen ist, und auch nach Bedarf zwischen den Sparren dicht schliessende Bretterlagen eingeschoben werden müssen, so liegt die Gefahr nahe, dass in Folge von Mangel an bewegter Luft, das Holzwerk feucht wird, verfault oder vermodert. Dieser Fall tritt vorzüglich bei Metalldächern ein, da diese nicht im Stande sind die äussere Kälte abzuhalten. Ich habe oft bemerkt, dass bei solchen Dächern, auch wenn sie unter den Sparren nicht verschalt waren, an der als Unterlage für das Deckmaterial dienenden Verschalung Kondensationswasser sich zeigte und, weil es mangels einer lebhaften Luftbewegung nicht schnell genug verdunsten konnte, auch in die Verschalung und in das Sparrenholz eindrang. Erst bei eintretender milderer Witterung trockneten beide wieder aus, wenn in Folge der Gleichheit zwischen innerer und äusserer Temperatur auch die Veranlassung zu weiteren Bildung von Kondensationswasser geschwunden war und die Haus-

---

1) Die Eindeckung der Dächer u. s. w. Jena, Hermann Costenoble. 1885. S. 69.

2) Das Krankenhaus und die Kaserne der Zukunft. Nach den Grundsätzen der Gesundheitslehre. München 1882, Lindauer's Verlag. S. 285.

bewohner sich herbeigelassen hatten, endlich auch die Dachfenster zu öffnen und der dumpfen Luft einen Ausgang zu gestatten."

So können also luftdicht schliessende Dächer die Feuchtigkeit, die sie verhüten sollten, geradezu herbeiführen, wenn nicht für genügende Ventilation gesorgt wird.

Ob die in den Dachraum tretende warme Luft genügend schnell abgeführt wird, ehe sie an der unteren Fläche der Bedachung sich abkühlend die Fähigkeit verliert sämmtlichen aufgenommenen Wasserdampf festzuhalten, das hängt nicht nur von der Construction und Eindeckung des Daches, sondern auch von der Menge der zugeführten warmen Luft und davon ab, ob die Ventilation quantitativ genügend ist.

Wenn man z. B. die Luftabführungsröhren der Ventilationseinrichtungen des Hauses unter Dach in den Dachraum münden lässt, so kann es auch bei luftigem Dache vorkommen, dass sich Wasser condensirt, welches das Holzwerk durchnässt und zu Schimmelpilz- und Hausschwammvegetationen auf demselben Veranlassung gibt. Es genügt also nicht bloss für Lüftung zu sorgen, man muss sich auch davon überzeugen, ob dieselbe ausreichend ist.

Die Ventilation des Dachraumes hat auch noch den weiteren Zweck, die übermässige Hitze der Dachwohnungen im Sommer zu mässigen. Die Sommerhitze wirkt auf Schiefer und Metall so ausserordentlich stark ein, dass sie die Schalung darunter fast verbrennt und die Tragfähigkeit des Holzes, welches auch unter solchen Dächern leicht vom Holzwurm befallen wird, beeinträchtigt. Die grosse Hitze im Dachraum beeinflusst auch die Temperatur der darunter gelegenen Wohnungen in hohem Maasse, wenn nicht für ausgiebige Lüftung des ersteren gesorgt wird. „Während der heissen Jahreszeit, wenn die Sonne auf das Dach brennt, bildet neben Isolirschichten der Luftwechsel durch einen luftigen Dachraum den besten Schutz, denn Luft, durch welche die Sonne scheint, wird nie entfernt so warm, als Ziegel und Schiefer und namentlich Metall, auf die sie scheint" (v. PETTENKOFER).

In den meisten Fällen lässt sich ein ausreichender Luftwechsel im Dachraum durch höchst einfache Maassnahmen erzielen.

Bei Ziegeldächern, die an und für sich schon zahlreiche Fugen haben, lassen sich Luftöffnungen im Dache zweckmässig dadurch herstellen, dass einzelne Hohlsteine mit dem Kopf nach unten, oder die in Fig. 155 skizzirten Dachlucken mit eingedeckt werden.

Bei luftdicht schliessenden Bedachungen besteht die einfachste Lüftungseinrichtung in der Anwendung von Zuglöchern, welche so anzuordnen sind, dass sie:

1. dem Regen und Schnee keinen Eingang gestatten,

2. sich womöglich einander gegenüberstehen, damit die Luft leichteren Eingang findet, oder dass

Fig. 179 a und b.

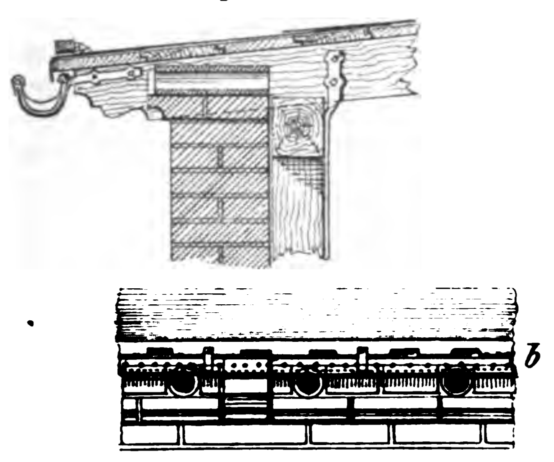
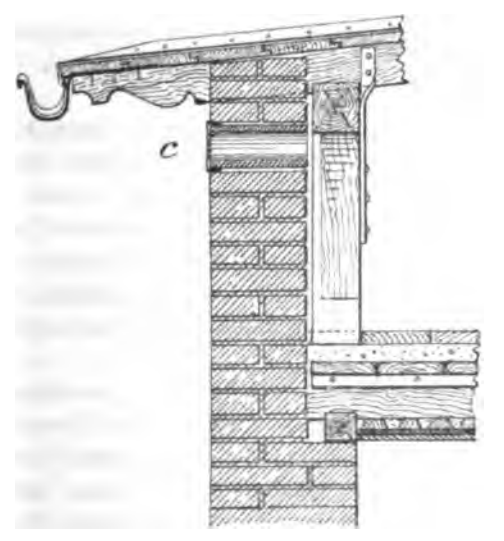


Fig. 179 c.



3. wo dieses nicht erreichbar ist, die Luft in zwei oder mehrere verschieden hoch gelegene Oeffnungen ein- und austreten kann, und dass sie endlich

4. mit Drahtgewebe verschlossen sind, damit sie Vögeln oder dem Ungeziefer nicht als Schlupfwinkeln dienen.

In Fig. 179abc ist diese Anordnung in Form von Drainröhren mit aufgeschobenem Drahtgeflecht skizzirt. Dieselben erhalten durch die vorgelegte Dachrinne Schutz gegen Regen u. s. w. Ein genügender Luftwechsel wird erfahrungsgemäss auch dadurch erzielt, dass man durch geeignet angebrachte Oeffnungen an dem Dachsaume zwischen den Sparrenfeldern der atmosphärischen Luft den Zutritt in diese gestattet und durch kleine Röhren auf dem Firste, oder durch Oeffnungen an der inneren Seite der Dachreiter für ihren Austritt sorgt.

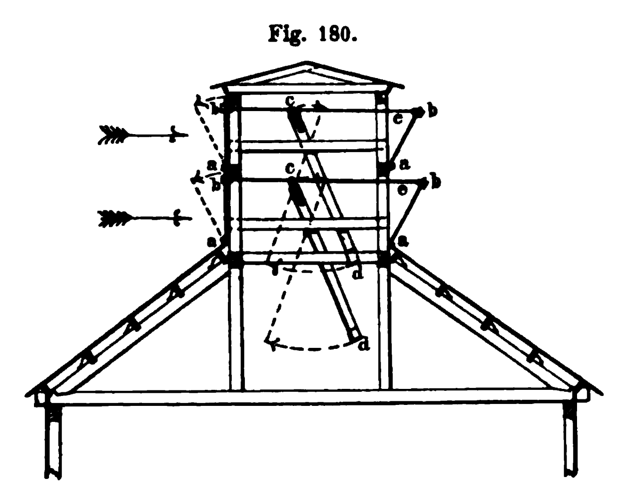
Man erreicht selbstverständlich eine wirksamere Lüftung, wenn man anstatt wagrechte Luftströmungen durch sich gegenüberliegende Drainröhren anzuordnen, dem natürlichen Gesetz der Bewegung der Luft, welches in Folge der verschiedenen Schwere wärmerer und kälterer Luftschichten, eine senkrechte Bewegung bedingt, Rechnung trägt und somit die Lüftung durch verticale Luftströmung zu erzielen sucht. Dies soll nach E. H. HOFFMANN durch 4 bei einander liegende Röhren erzielt werden, von denen jede über Dach ausmündet und welche ebenso unter dem Dach, wenn thunlich in verschiedenen Höhen austreten und zwar so, dass diejenigen, welche oben am weitesten hinaufragen, unten am tiefsten hinunterreichen. Der Unterschied in der Länge soll keineswegs gross sein, sondern nur 10 bis 20 Ctm. betragen. Der Grund hierfür ist, obgleich sich die Anordnung bei landwirthschaftlichen Gebäuden empirisch bewährt haben soll, nicht ersichtlich.

Einfach und für den vorliegenden Zweck ausreichend sind auch die in England gebräuchlichen sogen. verdeckten Dachventilatoren, die Firstventilatoren oder Windsauger, unter denen namentlich die von BOYLE construirten weite Verbreitung gefunden haben. Fig. 181 zeigt BOYLE's verdeckten Dachventilator (concladed roof ventilator). Die Einrichtung und Function ist nach der Skizze leicht verständlich. Ein Eindringen von Regen oder Schnee soll selbst bei heftigen Schneewehen nicht vorkommen.

Namentlich in Verbindung mit den oben erwähnten vergitterten Drainröhren leisten diese einfachen Dach- und Firstventilatoren gute Dienste. Zur Entlüftung unter Dach gelegener Wirthschaftsräume, Trockenkammern u. s. w. werden häufig sogen. Dachreiter angewendet, deren Funktion durch Wind oder Sturm aber oft dadurch beeinträchtigt wird, dass ein Luftstrom von aussen unter das Dach fährt, welcher die mit Wasserdämpfen gesättigte Luft zurückdrückt, anstatt sie wegzutreiben. Diesem Umstande ist es nach BODE zu zuschreiben, dass, wie man so häufig sehen kann, schöne grosse Auslassöffnungen an Dachreitern in ihrem Querschnitt theilweise wieder

erheblich vermindert werden durch schräg eingesetzte Bretter, welche den Wind nach oben ablenken sollen und wohl auch ablenken. Es ist dies aber schliesslich in der Wirkung dasselbe, als wenn man die Oeffnungen zum Luftauslass und somit den ganzen Dachreiter von vornherein kleiner gemacht hätte. Dachreiterklappen, welche mit der Hand verstellt werden sollen, werden gewöhnlich oder oft nicht bedient. Die in Fig. 180 dargestellten in Amerika gebräuchlichen Dachreiterklappen werden durch den Wind selbst bethätigt und wirken, wie Bode[1]) beobachtete, hinreichend zuverlässig. Die Klappen *ab*, etwa 1,50 bis 1,80 M. lang, aus 25 Mm. starken Brettern hergestellt, oben mit einem verstärkenden, längs laufenden Brette versehen, haben an jedem Ende der Länge unten bei *a* einen eisernen

Fig. 180.



in einfachem, eisernen Lager ruhenden Drehbolzen. Innerhalb des Dachreiters ist, um einen eisernen Zapfen drehbar, für je zwei gegenüber liegende Klappen ein schwingender Hebel *cd* angebracht, bestehend aus einem entsprechend ausgerüsteten Brette, welches unten bei *d* nöthigenfalls noch mit einem angeschraubten Stück Eisen versehen ist. Ein durch den Eisenbeschlag des oberen Endes *c* gehender Bolzen nimmt Rundstangen *ee* auf, welche vom oberen Theil jeder Klappe kommen. Jede Klappe hat zwei solcher Hebel *cd*, welche, je nachdem die Kraft des Windes die Klappen auf der einen Seite des Dachreiters schliesst, um ihre Drehpunkte schwingen, wie dies die kleinen Pfeile (Fig. 180) andeuten, wobei gleichzeitig die Klappen auf der anderen Seite sich öffnen.

1) Ztschr. f. Bauhandwerker 1890, S. 12.

Man kann mittelst der Hebel *cd* das Gewicht der Klappen ziemlich gut ausbalanciren, so dass schon ein verhältnissmässig geringer Windstoss genügt, die Vorrichtung in Wirksamkeit zu setzen. Will man sich die Möglichkeit dieses Ausbalancirens der Klappen ohne Anwendung zu grosser Gegengewichte offen halten, so ist eine reichliche Brettlänge *cd* zu empfehlen.

4. *Form, Höhe und Neigung des Daches.*

Es ist richtig, dass das Dach die ursprüngliche, formale Grundlage des Hauses in dessen historischer Entwickelung bildet und dass die ästhetische Stellung des Daches, d. h. seine architektonische Darstellung und Ausstattung, im Sinne seiner Function und seiner Auffassung als oberer Abschluss und formaler Auslauf des ganzen Baues gebührende Würdigung erheischt. Zur Erfüllung dieser architektonischen Forderung bedarf es aber bei Wohngebäuden gewiss keiner „vierstöckigen Dachaufbaue auf dreistöckigen Häusern", d. h. Dächern die höher sind als die Häuser selbst, so dass es scheint, als wäre das Haus nur des Daches halber da. Solche Ungeheuer von Dächern, deren Inneres nur aus einem hohlen Raum besteht, für den das Gebäude nicht die mindeste Verwendung bietet, stellen eine durch nichts begründete Stoff- und Geldverschwendung dar; denn die allgemeine Meinung, die Witterungsverhältnisse und die Gewalt der elementaren Kraft bedingten in höheren Breiten die steileren und hohen Dächer, lässt sich nicht durch Thatsachen begründen. Im germanischen Süden, im Schwarzwald, in Tyrol und der Schweiz sind trotz der heftigen Wetterkatastrophen des Hochgebirges durchweg flache Dachungen üblich. In warmen Ländern treten zur Regenzeit die Regenfälle mit einer Ergiebigkeit und Heftigkeit auf, wie wir es uns kaum vorstellen können, und Schnee kommt noch viel im Süden vor. In Nordamerika, wo so zu sagen die klimatischen Verhältnisse der tropischen und polaren Zone abwechseln, ist das steile Dach längst aufgegeben, wenn es je dort vorherrschend war. Es ist unrichtig und unzweckmässig den atmosphärischen Einflüssen und elementaren Gewalten eine steile, hohe Fläche entgegen zu stellen, um ihnen Widerstand zu leisten. Es ist vielmehr das einzig Richtige, diese Fläche jenen zerstörenden Einflüssen zu entziehen; anstatt sie zu vergrössern, sie vielmehr auf das geringste Maass zu beschränken und ihre constructiven Grundlagen thunlichst zu vereinfachen, was durch die rationelle Anwendung und Ausnützung der zahlreichen, neuen Dachconstructions-Materialien und Erfindungen, welche die Technik der Neuzeit gebracht hat, leicht zu erreichen ist. Die Vorliebe der

nordgermanischen Völkerschaften für hochragende Giebel und steil ansteigende Dächer ist keineswegs aus sachlichen Gründen hervorgegangen, sondern aus jenem idealen Fluge, der in der religiösen Schwärmerei des Mittelalters seinen Ausdruck fand und uns auf dem Boden der Wirklichkeit soviel Schaden gebracht hat. Gar manches mächtige Bergschloss verdankt seinen Untergang der übermässigen Grösse des Dachwerkes. Den Südländern sind hohe Giebel und Dächer unsympatisch und so sind sie unbewusst auf das richtigere und schönere verfallen, wie sie denn auch eine der zweckmässigsten Dachconstructionen, das Pfettendach erfanden. Das hohe Dach ist weniger ein Schutz als vielmehr eine stete Gefahr für das Haus. Es bietet einem im Hause ausbrechenden Feuer den geeignetsten Vorschub und einem benachbarten Brande seine volle Fläche zum Weitergreifen dar. Die verheerenden Feuersbrünste des Mittelalters, denen meist ganze Städte zum Opfer fielen, sind hierfür ein tragischer Beleg. Das schreckliche Umsichgreifen der Feuersbrunst von Chicago wird allgemein auf das dort überall angewandte Mansardendach zurückgeführt; dagegen wird wenig oder nichts dergleichen aus südlichen Ländern, z. B. Italien, berichtet, wo von jeher das flache Dach mit dem Massivbau verbunden war. Auch die Blitz- und Sturmgefahr ist für flache Dächer eine ungemein viel geringere als für hohe und steile Dachformen. Jene Ungeheuer von Dächern aber, welche angeblich aus Stylrücksichten auch heute noch in grosser Zahl in unseren Städten errichtet werden, stehen in eigenthümlichem Contrast zu den wirthschaftlichen Verhältnissen der Zeit und der sonst überalll beim Wohnhausbaue sich geltend machenden vernünftigen Sparsamkeit.

Fig. 181.



Die Speicher und oft ganz dunkelen Räume unter den Dächern sind meistens nichts als Sammelstätten für Schmutz und verdächtiges, oft inficirtes Material. Auf dem internationalen Congress für Hygiene und Demographie in London 1891, hat ein Redner die schauerlichen Zustände, die in dieser Beziehung in einzelnen Stadttheilen London herrschen, in grellen Farben geschildert.

Was Curschmann vom Krankenhaus-Pavillon sagt, gilt auch für das Wohnhaus: „Die Dachconstruction kann und soll eine sehr ein-

fache sein. Es liegt dies ebenso im sanitären, wie im finanziellen Interesse. Man kann unter vollster Wahrung der gesundheitlichen Rücksichten gerade beim Bau der Dächer ausserordentlich sparen, und andererseits unnöthige Ausgaben machen, die man auf weit nützlichere Dinge hätte verwenden können."

Vom hygienischen Standpunkt aus muss insbesondere auch an dem Grundsatze festgehalten werden, die Umfassungsmauern der Wohngebäude, ihre obere Ueberdeckung und Bekrönung, also das Hauptgesimse dem directen Einfluss der Atmosphärilien und dem Bereich der Dachrinne ganz zu entziehen, oder mit anderem Worten, die Umfassungsmauern, so weit als möglich, unter das schützende Dach zurückzuziehen. Diesem Grundsatze entspricht am meisten das überstehende Dach, welches als hygienisches Ideal, im alten deutschen Stil, auch den künstlerischen Ansprüchen gerecht wird und im schweizer, bayerischen und tiroler Hochgebirge den wechselvollen, stürmischen Klimaverhältnissen und Witterungskatastrophen erfolgreich Stand hält.

Es kann nicht genug hervorgehoben werden, dass das überstehende Dach, diese einfache und billige Dachform, auch unter den ungünstigsten äusseren Bedingungen das Haus bis auf den Fuss herab am vollkommensten schützt. Während nun aber die Construction eines überstehenden Daches bei freistehenden Häusern leicht ausführbar ist und bei Villen und Landhäusern auch vielfach Anwendung findet, muss allerdings zugegeben werden, dass diese Dachform im Innern der Städte, bei eingebauten Häusern grössere Schwierigkeiten bietet. Das Princip ist aber auch hier durchführbar, es bedarf nur die Form einer entsprechenden Modification.[1])

Bei der heutigen Fülle der verschiedensten Dachdeckungsmaterialien ist es nicht mehr nöthig, steile Dächer auszuführen. In denjenigen Städten, in welchen die Gebäudehöhen abhängig von der Strassenbreite sind, und wo z. B. die Façade nicht höher als der Betrag der letzteren ist, erbaut werden darf, man aber den darüber liegenden Raum ausnützen möchte, können nach dem Vorschlage von Meiner's terassenförmige Dächer Anwendung finden. Durch die letzteren wird die Höhe über dem Hauptgesimse besser verwerthet, als durch die schrägen Dächer.

---

1) Beispiele für die Ausführung überstehender Dächer bei eingebauten Häusern, siehe Menzel, „Das Dach". Halle 1884. S. 282 u. d. f.

Gestatten z. B. die Berliner und einige andere deutsche Bauordnungen, unter Rücksichtnahme auf die erwähnten Höhenverhältnisse, Dach-Ausbaue, welche einer schrägen Linie nicht vorgebaut werden, die mit der Fronthöhe beginnt und mit der Horizontalen einen Winkel von 60° bildet, so sind alsdann auch die hinter dieser schrägen Linie etwa anzulegenden Terrassen erlaubt, und dass die letzteren flach abgedeckt, einen grösseren, inneren Raum liefern, als wenn das Gebäude in der genannten Höhe eine nach zwei oder vier Seiten schräge Dachung erhält, braucht nicht näher motivirt zu werden.[1])

ACHTES CAPITEL.

Die Stiegenhäuser und Treppen.

Die Stiegenhäuser und Treppen haben den Zweck, die in verschiedenen Höhen liegenden Räume eines Gebäudes leicht zugänglich zu machen und zu ermöglichen, dass man bequem und sicher von einem Gebäudetheil in den anderen gelangen kann. Unter Stiegenhaus versteht man den Raum, welcher die Treppe aufnimmt.

Die Treppe ist aus Stufen, vermittelst verticaler Flächen aneinandergereihten Horizontalflächen zusammengesetzt, deren einzelner Höhenunterschied mittelst eines Schrittes von Menschen erstiegen werden kann, und deren Anzahl sich mittelst Division der ganzen zu ersteigenden Höhe durch die Höhe eines einzelnen Absatzes ergiebt. Die von den Lang- und Breitseiten der Stufen begrenzte, horizontale Fläche heisst Trittfläche oder Auftritt. Die meist verticale, vordere Fläche der Stufe wird Haupt, die seitliche Fläche Stirn oder Seitenhaupt genannt. Die Stufenhöhe nennt man Steigung, und das Verhältniss von Stufenhöhe zu Auftritt wird als Steigungsverhältniss bezeichnet. Gewöhnlich sind die Stufen an den Enden durch gemeinsame Seitenstücke verbunden, welche Treppenwangen (Zargen oder Backen) genannt werden, und endlich muss zur Sicherung und Bequemlichkeit des Verkehrs an einer oder beiden Seiten der Treppe ein Treppengeländer vorhanden sein.

Gewöhnlich werden die Treppen nicht in einer ununterbrochenen, sondern in einer gebrochenen, schiefen Linie durchgeführt, und dadurch entstehen die Treppenläufe und die zwischen den Läufen

---

1) Benutzt wurden: Mehrere Aufsätze in der Zeitschr. f. Bauhandwerker u. MENZEL, „Das Dach“. Halle 1884.

befindlichen Treppenabsätze — Ruheplätze, Flötzen oder Podeste.[1])

Das einfachste und nächstliegende Mittel, um zu verschieden hochliegenden Punkten zu gelangen, ist der geneigte ansteigende Weg, die schiefe Ebene oder, bautechnisch ausgedrückt, die Rampe, welche als Gangweg oder Fahrbahn im Freien vielfach Anwendung findet.

Da die letztere aber viel Raum verlangt und die Fortbewegung und Hebung des Körpers auf derselben eine grössere Anstrengung erfordert und mit Unbequemlichkeiten und Störungen mancherlei Art verbunden ist, so wird die Rampe im Innern der Gebäude durch die mit Stufen und Absätzen versehenen Aufgänge oder Treppen ersetzt. Die Bewegung auf einer Treppe ist wesentlich verschieden von derjenigen auf einer schiefen Ebene oder Rampe. Bei der Treppe handelt es sich lediglich um das absatzweise Heben oder Herablassen des Körpers von einer Stufe zur anderen unter gleichzeitiger Fortbewegung, bei der Rampe dagegen um die gewöhnliche Fortbewegung unter stetigem Heben des Körpers, wobei sich der Körper neigt und der Schwerpunkt nach vorn fällt, unter Umständen so weit, dass, wie beim Ersteigen steiler Berge, die Hände direct auf den Boden gesetzt und zur Mitwirkung herangezogen werden müssen. Auf der Treppe bleibt der Körper aufrecht, der Fuss steht auf horizontaler Fläche, und die Bewegung bleibt eine vollkommen freie. Die Steigung der Treppe bestimmt sich deshalb auch nach anderen Gesichtspunkten, als bei der Rampe oder schiefen Ebene.

Die erste und weitgehendste Anforderung an eine Treppe ist die Bequemlichkeit, und nirgend mehr als hier sind die aus dieser Anforderung hervorgehenden Formen und Anordnungen zugleich Grundbedingungen der Schönheit. Die Treppe ist ein Stück Fussboden, und wenn irgendwo, so muss auf diesem jedes Hinderniss, und zwar nicht blos wirklich materiell vorhandene, sondern auch Alles vermieden sein, was durch seine blosse Erscheinung die Vorstellung eines solchen erzeugen könnte.

Die Bequemlichkeit erfordert zunächst leichte Zugänglichkeit der Treppe vom Eingange des Gebäudes aus, möglichste Geräumigkeit nach allen Seiten und beste Beleuchtung zur Tages- und Nachtzeit, solange der Verkehr dauert. Körper und Gemüth müssen sich unbeengt fühlen beim Betreten der Treppe; nicht versteckt in enge Winkel mit zweifelhafter Beleuchtung oder

1) Handbuch der Architektur. III. Theil. 3. Bd. 2. Heft. S. 6.

eingezwängt zwischen beengende Mauern, schwerfällige Pfeiler und schwere Brüstungen, — in voller Breite und mindestens so, dass sich zwei Personen ohne Störung begegnen und ausweichen können, muss sich die Treppenflucht frei und leicht emporschwingen. Andererseits ist zu bemerken, dass zu grosse Breite und Offenheit nur störend wirken und bei vielen Personen leicht Schwindelgefühl hervorrufen. Immerhin muss die Treppe so geräumig sein, dass auch die benöthigten Möbel und Geräthschaften transportirt werden können. Leichte Zugänglichkeit von aussen her und nach dem Innenraum ist unerlässlich. Dabei fällt aber der Begriff der Bequemlichkeit keineswegs immer mit dem kürzesten Weg zusammen. Im Gegentheil wird ein allmähliches Ueberführen durch Vorhallen, Flure, Vestibüle und Vortreppen u. s. w. nur günstig wirken, durch Abwechselung in der Ausstattung und in der Führung der Treppenfluchten erwünschte Ruhepunkte gewonnen, Auge und Aufmerksamkeit beschäftigt und bei der Freiheit und Leichtigkeit der Bewegung das Gefühl des Behagens und der Sicherheit gehoben werden. Ein jeder Weg verliert um so mehr den Eindruck des Unbequemen und Anstrengenden, je weniger man genöthigt ist, auf ihn selbst zu achten oder gar gleichsam an einem Abgrunde entlang geführt wird, wie dies so oft bei Treppen mit offenem Geländer der Fall ist. Die leichte Zugänglichkeit anlangend, ist noch zu bemerken, dass die Treppe nicht innerhalb des Eingangsflures selbst, sondern in einem besonderen Raume, dem Treppenhause, liegen soll.

Da während des grössten Theiles des Jahres, solange das Hausinnere wärmer als die äussere Umgebung ist, ein aufsteigender Luftstrom im Treppenhause herrscht, der sich bei grosser Temperaturdifferenz oft zu höchst lästigem Zuge steigert, so muss das Treppenhaus gegen Zug geschützt werden, was durch Glasthüren oder Glaswände, besonders aber durch die im Abschnitte „Lüftung des Wohnhauses“ beschriebenen Lüftungseinrichtungen zu bewerkstelligen ist. Dies gilt namentlich auch für die grossen, städtischen Miethskasernen, in welchen, wie Prausnitz sehr richtig bemerkt, die von unten nach oben ziehende Luftströmung nicht nur lästig, sondern sogar schädlich werden muss, wenn, wie dies häufig der Fall ist, im Keller Waschküchen, Werkstätten und auf den Treppenpodesten Abtritte sich befinden.

Die Bequemlichkeit erfordert ferner als selbstverständliche Eigenschaft die geringste Anstrengung beim Heraufsteigen und ebenso möglichste Sicherheit beim Herabsteigen, also die Ausführung der Treppe in geeigneter, aus dem Verhältniss der Höhe und Breite der Stufen entspringender Steigung und richtig gewählte Anbringung von

Ruhepunkten, wofür, da die Treppen von sehr verschieden constituirten Leuten benutzt werden und zwei durchaus entgegengesetzte Bewegungsrichtungen in Frage kommen, Mittelwerthe gefunden werden müssen, bei denen auch die Bestimmung der Gebäudeart mitspricht, der die Treppe dient.[1])

Die Forderung der Sicherheit des Verkehrs auf der Treppe schliesst die der Feuersicherheit ein. Aber nicht nur feuersicher muss die Treppe sein, dieselbe muss vielmehr auch so liegen, dass sie bei Ausbruch eines Feuers von allen Theilen des Hauses leicht zu erreichen ist. Heutzutage, wo die hochentwickelten Verkehrsmittel die Erzeugnisse der entlegensten Brüche und Werke überall verwerthbar machen, kann man für jedes städtische Wohngebäude feuersichere Treppen und feuersichere Zugänge zu denselben verlangen.

Nach Baumeister[2]) gelten Treppen als feuersicher, wenn sie grundfest aus Stein (auch künstlicher Stein, wie Beton u. s. w.) oder Eisen angefertigt, von massiven Wänden bis zur Decke über dem obersten Austritt umschlossen, und wenn der Treppenraum mit Stein oder Eisen gedeckt ist. Die in Stein oder in undurchbrochener Eisenconstruction ausgeführten Trittstufen dürfen mit Holz belegt sein. Zugänge gelten als feuersicher, wenn ihre Wände massiv oder gleich ihren Decken verputzt sind, demnach nicht durch offene Dachräume führen, wenn sie ferner jederzeit zur freien Verfügung der Menschen stehen, für welche sie bestimmt sind, und wenn die Treppe auf höchstens 40 M. Entfernung erreichbar ist.

Es ist übrigens zu beachten, dass selbst die Steintreppen im Feuer sofort zerstört und unbrauchbar werden, wenn sie auf die gewöhnliche Weise construirt sind, indem jede Stufe durch ihr Ende in der Mauer getragen wird. Sie springen regelmässig an der Stelle ab, wo das in der Mauer steckende, kühl bleibende Stück das heiss gewordene berührt. Eine Treppe hält das Feuer viel länger aus, wenn sie durch schmiedeeiserne Tragbalken gestützt ist. Terracotta-Stufen, welche wie Backsteine schon einmal gebrannt wurden, halten das Feuer viel länger aus als Stein. Granit ist, wie die Feuersbrunst in Chicago bewies, das schlechteste Material im Feuer. Er wird in Stücke zersprengt bei einer Temperatur, die weit unter 100 Grad liegt und die ein Mensch aushalten könnte. Marmor ist fast ebenso schlecht.

Die Grundform der Treppen.

Wenn auch bei der Wahl der Grundform der Treppen im Wesentlichen nur künstlerische und namentlich locale, von der Form, Grösse

1) Zweck- und zeitgemässer Treppenbau. Zeitschr. für Bauhandwerker 1889 S. 169 u. s. w. Siehe auch: Grundsätze für die Anordnung der Treppen und Treppenhäuser. Ebenda 1874 u. 1875.

2) Normale Bauordnung. Wiesbaden 1880. S. 45.

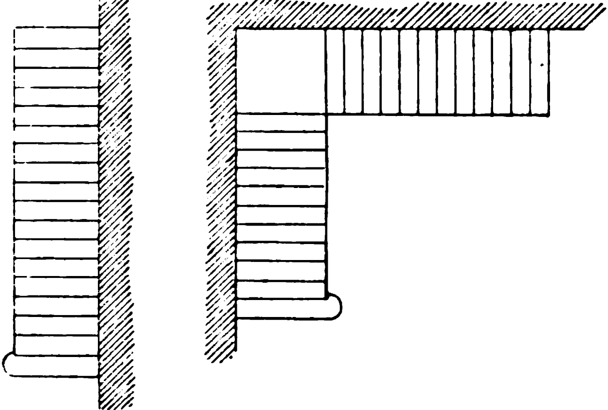
und den nachbarlichen Beziehungen abhängige Verhältnisse in Betracht kommen, so weiss doch jeder vielbeschäftigte Arzt, dass auch die Grundform der Treppen für die Bequemlichkeit und das leibliche Wohl der Passanten nicht gleichgültig ist.

Man unterscheidet als Hauptgrundformen die gerade Treppe (Fig. 182a), die gerade gebrochene (Fig. 182b), bei welcher die Mittellinie aus geraden, beliebige Winkel bildenden Theilen zusammengesetzt ist, und die Wendeltreppe (Fig. 182c).

Fig. 182c.

Um Raum zu sparen, wird bekanntlich oft ein Compromiss gemacht und eine Treppe gebaut, welche zwischen den gebrochenen und gewundenen die Mitte hält, indem man der Treppe an den Ecken, wo der Absatz (Ruheplatz) sein sollte, eine Wendung gibt (Fig. 183

Fig. 182a. Fig. 182b.



und 184). Durch diese oft sehr zweckwidrig ausgeführte Construction wird die Continuität der Treppe zerstört, indem die Stufen bei der Wendung, an der Auftrittsstelle schmäler und steiler als die anderen werden und die Passanten leicht zum Fallen bringen, besonders dort, wo die Stufen in einem spitzen Winkel endigen. Es ist weniger dagegen einzuwenden, wenn diese Treppen bei offener Mitte eine grössere Rundung einnehmen. Man gewöhnt sich bald an eine solche Treppe, und die allmähliche Wendung des Handgeländers warnt uns vor den schmäleren Stufen.

Noch viel verwerflicher, weil sehr gefährlich, ist eine lange, gerade und steile Treppenflucht, wie solche in vielen älteren Häusern der wohlhabenden Klasse Münchens anzutreffen ist, während man sie sonst nur in den ärmlichsten Häusern findet. Bei manchen Personen erzeugt eine derartige Treppe ein solches Angst- oder Schwindelgefühl, dass sie unfähig sind, die Treppe hinauf- oder herabzusteigen, und auf diesen Treppen sind nicht nur Luxationen und Knochen-

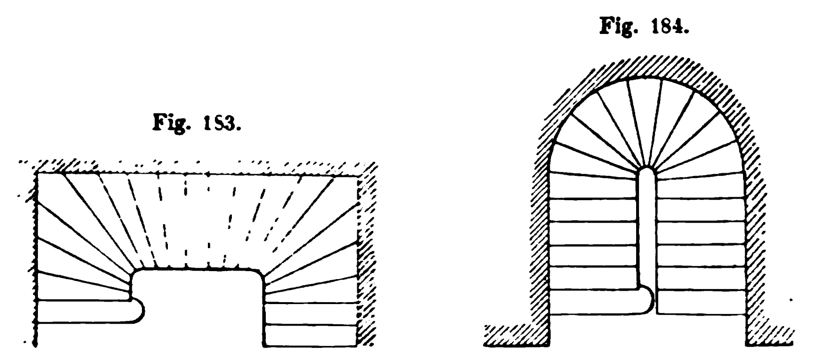


Fig. 183. Fig. 184.

brüche, sondern auch schwerere Verletzungen ein häufiges Vorkommniss. Die Aerzte wissen, wie oft ihre Hülfe einer solchen Treppe halber nöthig ist.

Es wäre ganz unzutreffend, wenn man die oben erwähnten Nachtheile gebrochener Treppen mit Wendungen auf die ganzen Wendeltreppen übertragen wollte. Diese haben vielmehr, wenn richtig ausgeführt, grosse Vortheile, da sie beliebig steiler und flacher angelegt werden können und allein die Möglichkeit bieten, sich jeder Schrittweite anzupassen. Man übersieht bei den Treppenanlagen zu oft, dass sie von Personen ganz verschiedener Constitution benutzt werden müssen, von grossen und kleinen, von Erwachsenen und Kindern, von Männern und Frauen, von Alten und Schwachen, welche die verschiedensten Schrittweiten repräsentiren, ebenso von Personen, die Lasten tragen und daher eine andere Schrittweite haben, als wenn sie leer gehen. Während nun eine geradlinige Treppe lediglich für eine Schrittweite construirt ist, für welche sich kaum je eine sichere Mittel- oder Durchschnittsgrösse feststellen lässt, durchläuft die Stufe der gewundenen Treppe von ihrer grössten, äusseren Breite bis zu ihrem schmalen Ende alle Abstufungen von der grössten Schrittweite bis zur kleinsten und bietet somit die Möglichkeit, allen Arten von Passanten zu entsprechen. Man kann dementsprechend oft bemerken, dass die Passanten auf Wendeltreppen diese je nach ihrer

Körperbeschaffenheit, resp. ihrer Schrittweite stets an verschiedenen Stellen, d. h. entweder mehr nach aussen oder nach innen zu benutzen; Kinder z. B. werden stets am inneren Theile emporzukommen suchen, grosse Personen mehr am äusseren Umfange herauf- und heruntersteigen. Aber auch in ästhetischer Hinsicht stehen die gewundenen Treppen an sich den geradläufigen nicht nach. Im Gegentheil wirkt die Spirallinie weit mehr im Sinne des Emporleitens, als die einfach schiefe Linie, die in jedem Aufbau immer ein mehr oder weniger störendes Element bildet.[1])

Die Treppenstufen.

Zu den wichtigsten Bestandtheilen der Treppen gehören die Stufen, bei welchen Form und Folge, sowie das Verhältniss der Steigung zu Auftritt, als Bedingungen der Bequemlichkeit und der damit im engsten Zusammenhang stehenden Schönheit, in Betracht kommen. Die Stufe ist die eigentliche Basis der Bewegung auf der Treppe, und deshalb muss gerade hier jedes Hinderniss und jede Störung vermieden und Alles berücksichtigt sein, was für die Bewegung sowohl rücksichtlich des rein mechanischen Vorganges, als in Bezug auf die damit in Beziehung stehende geistige Thätigkeit von Einfluss sein könnte.[2])

Die Treppe ist ein stückweis emporsteigender Fussboden, die nicht in gerader Fläche ansteigende, sondern staffelartig gestaltete Bahn. Jede Stufe ist ein Stück dieser Bahnfläche und mithin beide Theile der Stufe, die Vorderseite oder Steigung und die Oberseite oder der Auftritt in ihrem Wesen und ihrer Bedeutung gleich.

Da, wie mehrfach betont, auch dem psychischen Eindruck, den das Wohngebäude und seine Theile hervorrufen, eine hygienische Bedeutung beizumessen ist, so erscheint es angezeigt, beide, Steigung und Auftritt, auch äusserlich, d. h. decorativ gleich zu behandeln, wobei wie beim Fussboden eine rein geometrische Flachmusterung Anwendung finden kann, deren Formtendenz im Sinne des Aufsteigens aufgefasst sein, d. h. aus aufsteigenden Bändern oder Netzwerk, aus emporstrebenden Ranken- oder Blattwerk u. dgl. bestehen muss, welches sich über Steigung und Auftritt gleichmässig fortsetzt, eine Tendenz, die keineswegs im Gegensatz zu der abwärts gerichteten

1) Nach Zeitschr. f. Bauhandwerker 1874.

2) Vgl. Grundsätze für die Anordnung der Treppen und Treppenhäuser. Zeitschr. f. Bauhandwerker 1874. S. 163.

Bewegung beim Herabsteigen steht, da die aufwärtsstrebenden Zierformen dann in durchaus passender Weise im Sinne eines Halts gegen das Herabgleiten wirken.

Die Bequemlichkeit der Treppe hängt, wie gesagt, von dem Verhältniss der Stufenhöhe (Steigung) zur Breite (Auftritt) ab, dessen Bestimmung deshalb nicht leicht ist, weil die Treppe von Leuten sehr verschiedener Grösse und allen möglichen Schrittweiten benutzt wird.

Gewöhnlich verwerthet man für die Bestimmung des Auftritts (a) im Verhältniss zur Steigung (Steigung $= s$) die Formel $a + 2\,s =$ 0,63 M., d. h. die Regel, dass eine Auftrittsbreite und die Höhe zweier Steigungen 63 Cm. betragen sollen, welch letztere Grösse die Schrittweite eines erwachsenen Menschen (Infanteristen) ist, während derselbe nur 0,30 M., d. h. ungefähr die Hälfte bequem steigen kann. Man nimmt also dabei an, dass das Heben des Körpers auf eine gewisse Höhe die doppelte Anstrengung verursache, als dasselbe Gewicht auf eine gleich grosse horizontale Entfernung zu tragen.

Diese Regel ist aber nur für die Steigung von 14 bis 19 Cm. zweckmässig.

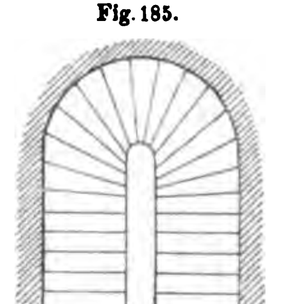
O. MOTHES[1]) hat auf Grund directer Beobachtungen und Messungen eine tabellarische Uebersicht gegeben, welche zeigt, bei welcher Steigungshöhe und Auftrittsbreite die Treppe beim Auf- und Abwärtssteigen als sehr bequem, als bequem oder ermüdend und kaum noch anwendbar zu bezeichnen ist. Bei einem gewissen Verhältniss werden zu kurze Schritte verlangt, während bei einem anderen die Treppe sich gut steigt, wenn man schnell geht u. s. w. Aus diesen Beobachtungen ergibt sich, dass für eine bequem zu ersteigende Treppe die Steigung nicht unter 15 Cm. und nicht über 18 Cm. angenommen werden darf, während der Auftritt zwischen $28^1/_2$ und 32 Cm. schwankt.

Neuerdings hat J. v. KERSCHENSTEINER bei einer grösseren Anzahl bequemer und unbequemer, resp. gefährlicher Treppen Messungen ausgeführt, deren Resultat bald im Druck erscheint. Es ist durchaus nöthig, dass die Stufen in einer Etage genau einander gleich gemacht werden. Der Passirende hat es nämlich sehr bald genau im Gefühle, wie hoch er für eine bestimmte Treppe die Füsse zu heben hat, und er führt die Schritte beim weiteren Steigen ganz automatisch aus, ohne auf dieselben zu achten; er stolpert daher sofort, wenn eine Stufe höher oder niedriger ist, als eine andere.

1) Siehe Zeitschr. f. Bauhandwerker 1874. S. 183.

Gleichmässig wichtig für die Bequemlichkeit wie für die Schönheit der Treppe ist die Lage der Stufe in der Horizontalprojection, und in dieser Beziehung werden häufig Missgriffe gemacht. Besonders gilt dies für Wendeltreppen und die Uebergänge aus der geraden Flucht in die Wendung, wo man häufig die Stufen in einer schiefen Richtung eingelegt sieht, ohne dass dafür irgend ein vernünftiger Grund vorgebracht werden könnte. Einfach und natürlich ist es, die Vorderkante der Stufe unter allen Umständen normal gegen die Laufrichtung zu legen, bei Wendelungen also stets in den betreffenden Radius. Der Körper folgt unwillkürlich der vorgezeichneten Flucht und sucht bei Wendelungen sofort die für eine Schrittweite passende Stufenbreite. Fig. 185, die einem ausgeführten Beispiel entnommen ist, ist ein Verstoss gegen diesen Grundsatz, wie er in ähnlicher Weise öfters gemacht wird. Diese Treppe ist nicht allein unbequem, sie ist sogar, besonders beim Herabsteigen, wegen des leichten Aus- und Herabgleitens gefährlich.[1]) Durch die Podeste oder Ruheplätze soll die Reihe der ansteigenden Stufen in angemessenen Weiten unterbrochen werden. Die Breite derselben darf nie geringer sein als die Treppenbreite, sondern besser etwas grösser, da auf ihnen das Begegnen und Ausweichen von Personen, das Wenden mit hinaufzutragenden Gegenständen u. s. w. vornehmlich stattfindet. Es soll mindestens ein Podest in der Mitte jeder Etage vorhanden sein, so dass nicht mehr als 12 bis höchstens 20 Stufen in ununterbrochener Folge liegen dürfen.[2]) In neuerer Zeit hat man in zweckmässiger Weise, wegen der sehr grossen Anzahl von Stufen in Gebäuden von 3 bis 4 Stockwerken und im Interesse alter und nicht ganz gesunder Passanten, auf den Podesten Ruhebänke oder Divans aufgestellt. Es ist zu wünschen, dass diese humane Gepflogenheit allgemein üblich werde.

Fig. 185.



Der seitliche Abschluss der Treppen (Wangen, Geländer oder Brüstung).

Die Wange dient als Stützpunkt der Stufe, welche entweder in dieselbe eingelassen, eingemauert oder aufgelegt wird.

1) l. c. p. 184.

2) Vgl. Prof. SCHWATLO: Der innere Ausbau. Bd. II. S. 64. Leipzig, G. Knapp. 1882.

Die Wange läuft als Besäumung der Treppe stets parallel der Treppenflucht und tritt, wenn die Stufe in sie eingelassen ist, entweder über die Vorderkanten der Stufen mehr oder weniger mit glatter, abgeschrägter oder profilirter Fläche hervor, oder sie erhebt sich als volle Brüstungsmauer mit Deckgesims bis zur Höhe des oberen Fussbodens. Da aber das geringere oder grössere Hervortreten der Wange leicht ein beengendes Gefühl hervorbringt, so ist vom rein hygienischen Standpunkt das System der Aufsattelung, bei welcher also die Stufe auf der Wange aufliegt, mehr zu empfehlen, zumal dasselbe auch einer schönen Gestaltung ungleich günstiger ist. Nimmt in diesem Falle die Stufe ein leichtes durchbrochenes Brüstungsgeländer auf, dann wird die Bewegung nicht allein freier, sondern auch die ganze Erscheinung leichter und gefälliger. Die volle Brüstung, von welcher das, was eben als weniger günstige Eigenschaft der vollen Wange bezeichnet wurde, ebenfalls gilt, empfiehlt sich dagegen bei nicht so weiten Wendeltreppen, weil sie hier dem Gefühl des Schwindels entgegenwirkt, dem, wegen der grösseren Steile dieser Treppen nach der Mitte zu, manche Menschen ausgesetzt sind.[1])

Der Empfehlung, die volle Brüstung glatt auszuführen, wobei sie durchaus nicht des künstlerischen Schmuckes zu entbehren braucht, ist zwar keine grosse Bedeutung zuzuschreiben; aber wenn die reichen, jedoch schwer rein zu haltenden Reliefs einer solchen Brüstung in allen Nischen und Ecken mit Staub gefüllt sind, macht jeder Eintretende unbewusst die Folgerung, dass auch die Reinlichkeit im Innern der Wohnräume im Argen liegt.

Das Geländer und die Handläufer der Treppen.

In unserer Zeit der fortschreitenden Erkenntniss der natürlichen Infectionsprocesse, in welcher die Prävalenz der Contactinfectionen jedem anderen Infectionsmodus gegenüber unter den Bacteriologen und Aerzten unbestritten ist, muss das Treppengeländer, insbesondere aber der Handläufer als eine für die Uebertragung von Infectionskrankheiten sehr geeignete Einrichtung, einer besonderen Betrachtung unterzogen werden. Bisher haben zwar schon einige der wenigen Architekten[2]), welche hygienisch geschult, der Gesundheitspflege eine wichtige Rolle in der Hochbaukunde zuerkennen, darauf hingewiesen, dass die Construction des Handläufers eine Ansammlung von

1) Zeitschr. f. Bauhandwerker 1875.
2) Vgl. Zeitschr. f. Bauhandwerker 1890. S. 3.

Staub nicht ermöglichen dürfe; aber man muss von der Ausführung desselben noch mehr verlangen: der Handläufer muss abwaschbar sein, und zwar soll sich die Reinigung nicht blos mit feuchten Tüchern, d. h. mit Wasser, sondern auch mit desinficirenden Lösungen bewerkstelligen lassen. Die Handläufer der Treppen sind ohne Zweifel in besonderer Weise geeignet, die Uebertragung von Infectionskrankheiten zu vermitteln.

Denken wir uns beispielsweise nur den häufig vorkommenden Fall, dass im obersten Stockwerk eines Hauses die Mutter dem der Erstickung nahen, diphtheriekranken Kinde eine ausgehustete Croupmembran mit dem Finger aus dem Munde entfernt, oder sich sonstwie mit ihm befasst hat und, ohne sich Zeit zum Waschen zu nehmen, zum Arzte eilend, den Handläufer des Treppengeländers benutzt. Kurze Zeit darauf kehrt der Vater der ein Stockwerk tiefer wohnenden Familie zum Mittagstisch nach Hause, wobei er, von der Tagesarbeit ermüdet, ebenfalls das Handgeländer benützt und seine ihm entgegenkommenden Kinder begrüsst, die ihm die Hand fassend zu Tische geleiten, wo sie nun zum Brode greifen und die Diphtheriebacillen, welche die Hand des Vaters vom Treppengeländer mitgebracht hat, auf das Brod und mit diesem auf die Schleimhaut des Mundes und Rachens übertragen. Die Uebertragung kann aber auch direct erfolgen, denn man sieht oft, dass mehrjährige Kinder die Handläufer beim Auf- und Absteigen benützen.[1]) Niemand zweifelt daran, dass solche Uebertragungen auch bei anderen Infectionskrankheiten vorkommen können.

Wenn man sich diese Möglichkeiten, die man in noch viel drastischerer Weise ausmalen und vervielfältigen könnte, vergegenwärtigt, so muss die Benützung der Handläufer, die thatsächlich sehr selten gründlich gereinigt werden, als höchst ekelhaft und widerlich erscheinen. Ich habe wohl in besonders gut gehaltenen Krankenanstalten, aber sehr selten in gewöhnlichen Miethshäusern gesehen, dass ein Handläufer abgewaschen wurde, während man doch täglich beobachtet, wie die Treppenstufen gereinigt und gescheuert werden. Die Reinigung der Handläufer wird nur durch die Hand der Passanten besorgt, und dieser überlässt man sie fast allgemein.

Die Möglichkeit der leichten Reinigung und sicheren Desinfection hängt hauptsächlich von der Gestalt oder Form des Handläufers und von dem verwendeten Material ab.

Die Gestalt (Form) des Handläufers muss in erster Linie

---

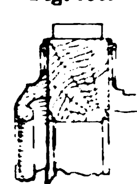
1) Die Möglickeit derartiger Infectionen wird durch den ganz neuerdings auf Grund bacteriologischer Untersuchungen klar gelegten Infectionsmodus bei einem Fall von Diphtherie erwiesen. Vgl. Centralblatt f. Bacteriologie u. Parasitenkunde 1894.

dem Zwecke desselben entsprechen, welcher einerseits darin besteht, der Hand beim Herauf- und Herabsteigen als Halt und Leitung zu dienen, andererseits aber den Stäben des Geländers, die er mit einander verbindet, einen festen Halt und Zusammenhang zu geben.

Sehr zutreffend wird in einer Kritik der gebräuchlichen Handläufer[1]) bemerkt: „Ein Handläufer an der Treppe scheint auf den ersten Blick ein ziemlich nebensächliches Ding und seine Form eine ziemlich gleichgültige Sache zu sein. Dem ist aber nicht so; er ist durchaus nothwendig und für viele bei Benutzung einer Treppe unentbehrlich, seine Gestalt aber, weil seine Benutzung eine bewegliche ist, erscheint durchaus nicht unwichtig. Die Form muss so gewählt sein, dass sie sich beim Griff leicht und bequem der fassenden Hand anschmiegt und ihr einen raschen, sicheren Halt gewährt. Die meist üblichen Formen entsprechen aber dieser Forderung nicht.“

Als Beweis hierfür kann z. B. der in Fig. 186 skizzirte reiche Handläufer in dem Schlosse von Corvey aus dem Ende des 17. Jahrhunderts dienen, welcher aber auch gegenwärtig in ähnlicher Form vielfach Anwendung findet. Derselbe stellt, wie leicht ersichtlich, einen rinnenförmigen Staubsammler dar, den man nicht benützen kann, ohne sich die Hände in unangenehmer Weise zu beschmutzen. Niemand denkt ja, wie schon gesagt, an die tägliche Reinigung dieser Theile, und der Verfasser der erwähnten Kritik hat selbst gesehen, dass Staub aller Art fingerdick in diesem Behälter lag. Es folgt daraus als erstes Erforderniss, dass der Handläufer am zweckmässigsten nicht in Gestalt einer Rinne, also mit durchgehendem, unteren Anschluss gebildet werden darf, sondern frei liegen muss und nur an einzelnen Stützpunkten zu befestigen ist.

Fig. 186.



Dies führt zu dem Bild einer frei abstehenden runden Stange nach Fig. 187a, in welcher Gestalt auch vielfach Handläufer ausgeführt sind, ohne jedoch dem Zweck vollständig zu entsprechen. Da es nämlich zugleich darauf ankommt, den Geländerstäben durch den Handläufer einen festen Halt zu geben, so wird die Stange zu dick und vermag der Hand keinen sicheren Anhalt zu bieten; wird dieselbe aber schwächer hergestellt, so stösst man sich an den oben nicht sichtbaren Eisenhaltern oder Stäben, wo-

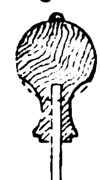
Fig. 187.

a b c d

1) Einzelheiten der Bauausführung. Zeitschr. f. Bauhandwerker 1890. S. 3.

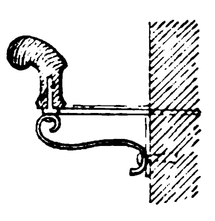
durch lästige, ja sogar gefährliche Hautabschärfungen und Wundinfectionen verursacht werden können. Es macht sich also eine Verlängerung der Stange im Maasse nach unten nöthig, wie dies die vielfach ausgeführten Formen Fig. 187b bis Fig. 187d veranschaulichen.

Fig. 188.



Diese birnförmige, mancherlei Abweichungen gestattende Gestalt, die namentlich nach Fig. 188 bei grösserer Fülle sowohl für kleinere, als für grössere Hände geeignet ist, entspricht dem Zweck schon besser, aber doch auch noch nicht völlig; denn der Querschnitt ist bei diesen Formen symmetrisch, die Hand aber und der Griff ist nicht symmetrisch. Am zweckmässigsten ist daher ein Querschnitt nach Fig. 189, welcher vollständig der von oben her fassenden Hand entspricht, und wobei sofort der Daumen und die übrigen Finger einen festen Halt finden und daher das Gefühl der Sicherheit wecken und stärken. Der Hals ist lang genug, um zu verhüten, dass die Finger sich an den Haltern stossen, und ausserdem kann sich, was ja in hygienischer Beziehung verlangt werden muss, kein Staub halten und ansammeln. Die Form ist eine gefällige, und da der Läufer immer nur von einer Seite gesehen wird, so wird das Unsymmetrische gar nicht bemerkt.

Fig. 189.



Sehr oft sind, wie gesagt, die Handläufer so angeordnet, dass man sich bei Benützung derselben, wenn man nicht gerade genau auf dieselben achtet, an irgend welchen Constructionstheilen stösst und sich Verletzungen zuzieht. Diese Möglichkeit muss durch die Construction vermieden werden. So muss z. B., wenn eine Treppe aus zwei entgegengesetzt angeordneten Läufen besteht, der Handläufer des unteren Laufes von der Wange bezw. von den überstehenden Stufen des oberen Laufes so weit abstehen, dass man an letztere Constructionstheile mit der Hand nicht stösst, wenn man beim Begehen des unteren Laufes den Handläufer benützt.

Schliesslich muss noch auf einen grossen, hygienischen Missstand aufmerksam gemacht werden, d. i. das Ausklopfen und Bürsten von Kleidern und Schuhwerk auf Treppenpodesten. Abgesehen davon, dass dieser z. B. in München übliche Brauch höchst ekelhaft für die Passanten ist, dürfte darin auch häufig die Ursache von Infectionen liegen. Hier kann nur ein ortspolizeiliches Verbot helfen, da die Belehrung gegen Brauch und Bequemlichkeit wenig vermag.

NEUNTES CAPITEL.

Aborte.

Beim auserwählten Volke hatte Moses die Unterbringung der Excremente streng und auf zweckmässige Weise geregelt (Vergraben in Erde).

Die Griechen und Römer hatten private und öffentliche Aborte. Unter Diocletian waren in Rom 144 vom Staate verpachtete Aborte, deren Pächter, wie bei uns in München, einen Obolus für die Benützung erhoben.

In den Burgen, Schlössern und Klöstern des Mittelalters war der Abort in einem erkerartigen Vorbau des Wohnzimmers untergebracht. Die Excremente fielen frei herab in den Burggraben oder Abgrund, so dass eine Geruchbelästigung in den Wohnräumen nicht stattfinden und die Fortschaffung dem Regen und Wind überlassen werden konnte. In südlichen Gegenden gibt es heute noch Städte, in denen Aborte zu den Seltenheiten gehören. In Funchal (Madeira) verrichtet Alt und Jung die Nothdurft am Ufer eines die Stadt durchfliessenden Baches. In einem grossen, öffentlichen Gebäude Palermos wird dieses Geschäft auf dem flachen Dache besorgt, und die von den heissen Sonnenstrahlen rasch getrockneten Excremente werden vom Wind davongejagt. In alten Städten, wo die öffentliche Gesundheitspflege nicht rüstig aufgeräumt hat, sind auch bei uns heute noch unglaubliche Abortverhältnisse zu finden: Räume ohne Licht und Luft in grauenhaftem Zustande. Ja in manchen norddeutschen und französischen Städten gibt es gar keine Aborte; die Excremente werden in Behältern gesammelt, welche täglich entleert werden müssen, und in Marseille und anderen Städten war man in Folge dessen in gewissen Strassen am frühen Morgen einem gefährlichen Bombardement ausgesetzt. Auch Paris war in dieser Beziehung noch vor wenig Jahren berüchtigt. In England und Amerika ist es schon seit Langem selbstverständlich, dass im Abort dieselbe Reinlichkeit, die gleiche Beleuchtung und Lüftung, sowie Bequemlichkeit zu finden sein muss, wie in den Wohnzimmern oder im „Salon“, und in der That lässt nichts einen sichereren Schluss auf die Reinlichkeit von Haus und Personen zu, als der Zustand der Aborte.

Beim Entwerfen des Hausplanes muss der geeigneten Unterbringung der Aborträume besondere Aufmerksamkeit zugewendet werden.

Bei Wohnhäusern sollen dieselben aus Bequemlichkeitsgründen und im Interesse kranker und älterer Leute im Gebäude selbst und zwar an der Nord- oder Ostseite untergebracht werden, weil an der Süd- oder Westseite gelegene Aborte von der Sonnenbestrahlung, sowie von „Wind und Wetter" ungünstig beeinflusst werden.

In öffentlichen Gebäuden kann es dagegen unter Umständen zweckmässiger sein, die Abort- und Pissoir-Einrichtungen in den zugehörigen Hofraum zu verlegen.

Der Abortraum soll so construirt sein, dass seine Reinhaltung leicht möglich ist. Als geringste Grössen müssen 1 M. Breite und 1,5 M. Tiefe bezeichnet werden. Ein geschlossener Vorraum vor dem Abort hat nur insofern einen Zweck, als in demselben Wascheinrichtungen angebracht werden. Wird derselbe aber in der Absicht hergestellt, um einen zweiten Verschluss gegen die nach dem Innern des Gebäudes strömenden Abortgase zu erzielen, so muss dies als ein sehr unvollkommenes, dabei theures und daher unzweckmässiges Mittel bezeichnet werden, zumal der gleiche Zweck in vollkommener Weise durch viel einfachere und billigere Einrichtungen erreichbar ist.

Die Wände des Abortraumes, sowie die des Closets oder Abortsitzes müssen glatt, frei von Nischen, Winkeln u. s. w. sein, damit sich nirgends Staub ansammeln kann, dessen Ablagerung gerade hier zu vermeiden ist wegen der Möglichkeit zeitweiser Durchfeuchtung mit Urin u. s. w. und der hierdurch bedingten Bacterienentwickelung mit ihren schlimmen Folgen. Die Wände des Abortes sollen mit einem glatten Verputz versehen, aber keineswegs, wie dies bisweilen vorgeschlagen wird, ganz „undurchlässig" hergestellt werden. Im Interesse der Reinhaltung und des sauberen Aussehens empfiehlt es sich jedoch, dieselben bis in eine Höhe von etwa 1,50 M. mit abwaschbarem, unporösem Asphaltbelag mit glasirten Kacheln, Fliessen oder Marmortafeln zu verkleiden oder mit glatt polirten Bekleidungen zu versehen.

Der Fussboden muss aus wasserundurchlässigem Material, wie Cement, Asphalt, unporösen Steinplatten u. dgl., bestehen, welche eventuell einen Linoleumbelag erhalten können. In stark benützten Aborten empfiehlt es sich, den Fussboden muldenförmig zu gestalten und an der tiefsten Stelle ein mit Metallsieb und Wasserverschluss versehenes Ablaufrohr anzubringen für verschüttete Flüssigkeiten und das zum Reinigen gebrauchte Wasser. Jeder Abortraum muss ein ins Freie führendes, am besten aufklappbares Fenster haben. Hierzu sind die Lüftungsfenster mit horizontaler Drehaxe von

C. Müller (Berlin)[1]), oder die beweglichen Fensterscheiben zur Zugregulirung von C. J. Wolff[1]) besonders geeignet. Während der Nacht wird der Abortraum am besten ständig beleuchtet; andernfalls müssen besondere Einrichtungen (Nischen, Consolen oder dgl.) zum Abstellen von Leuchtern getroffen werden, weil dadurch, dass dieselben gewöhnlich auf den Abortsitz gestellt werden, schon häufig schwere Verbrennungen und Feuersgefahr verursacht wurden.

Die Abortsitze.

Die Entfernung der Sitzöffnung (Brille) vom Fussboden, d. h. die Höhe des Abortsitzes richtet sich nach der Länge des Unterschenkels Erwachsener, und dementsprechend hat sich eine Sitzhöhe von 45 bis 48 Cm. als geeignet und bequem erwiesen.

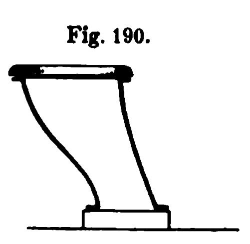
Die Anordnung von Trittstufen ist möglichst zu umgehen, da sie die Reinhaltung erschweren.

Die verbreitetsten Abortsitze sind leider immer noch die verkleideten Kastensitze, welche aus einem würfelförmigen oder parallelepipedischen Holzkasten bestehen, der den Aborttrichter und etwaige mechanische Einrichtungen zur Bewegung von Schiebern, Klappen u. s. w. umhüllt. Derselbe soll angeblich als Schutz für die letztgenannten Theile dienen, hat aber thatsächlich mehr die Bestimmung, schlechte Arbeit zu verdecken. Der Hauptgrund der grossen Verbreitung der Kastensitze liegt aber in der Bequemlichkeit einer grossen Sitzplatte, welche das Aufstützen der Hände und das Deponiren von Gegenständen, namentlich Leuchtern, Lectüre u. s w. gestattet, ein zu missbilligender Gewohnheitsbrauch, durch den, wie oben erwähnt, schon öfters schwere Verbrennungen verursacht wurden. Da solche Kastenumhüllungen meistens nicht geöffnet werden können und ein dauernd hermetischer Abschluss gegen den Beckenrand schwer herzustellen ist, so sammeln sich hinter denselben mit der Zeit grosse Mengen von Staub an, der, häufig mit Urin durchtränkt, ein günstiges Substrat für Fäulnissbacterien darstellt, durch deren Lebensthätigkeit die Luft der Abortzelle beständig durch riechende Gase verunreinigt wird. Gewöhnlich findet man in diesen Kästen auch mächtige Depots von Fliegenlarven und anderem lebenden und abgestorbenen Ungeziefer. In Folge dessen sind diese unzugänglichen Räume eine ständige Quelle von Gestank und sehr häufig die „unbegreifliche“ Ursache übler Gerüche in sonst ganz rein gehaltenen und gut ge-

1) Vgl. Bericht über die allg. deutsche Ausstellung auf dem Gebiete der Hygiene u. s. w. von P. Börner. Breslau 1885. Bd. I. S. 527 und 528.

lüfteten Aborträumen. Kastensitze sind daher immer als unhygienische Einrichtungen zu bezeichnen, und wo deren Anwendung nicht zu umgehen ist, müssen sie so eingerichtet werden, dass das Sitz-, sowie das Stirnbrett von Jedermann, ohne vorher Nägel oder Schrauben zu lösen, entfernt, und der Innenraum wenigstens wöchentlich besichtigt und gereinigt werden kann.[1]) Neuerdings werden Aborttrichter auch für gewöhnliche Aborte (ohne Wasserspülung) fabricirt, welche aus einem einzigen Stück emaillirten Gusseisens oder Steingut bestehen, und deren Sitz lediglich durch einen Holzring (Fig. 190) oder durch ein aufklappbares Sitzbrett gebildet wird, welches beim Gebrauch auf einen mit Füssen versehenen hölzernen Rahmen oder auf einen eisernen Ständer, am besten und einfachsten aber auf den Beckenrand selbst niedergelegt wird.

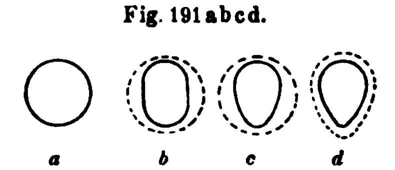
Fig. 190.



Der Sitz wird am besten aus hartem, polirtem Holz (Mahagoni, Eichen u. s. w.) hergestellt. Es ist besonders darauf zu achten, dass das Holz des Sitzes eine helle Farbe hat, so dass Verunreinigungen mit Koth u. s. w. leicht zu erkennen sind. Am ungeeignetsten sind gelbbraune Lackanstriche, an denen schwer zu erkennen ist, ob der Sitz rein ist.

Steinerne Sitzplatten, welche man in südlichen Ländern anwendet, sind bei unserem Klima ungeeignet, da sie beim Gebrauch ein unbehagliches Gefühl, unter Umständen aber auch Erkältungen verursachen. Die Abortöffnung oder Brille wird am besten nicht kreisförmig, (wie in Fig. 191a), sondern eiförmig (mit der schmalen Rundung nach vorn, Fig. 191c und d) oder elliptisch (Fig. 191b) gestaltet, weil eiförmige Sitzöffnungen erfahrungsgemäss nicht so leicht beschmutzt werden, wie kreisrunde. Wichtig ist, dass die Brille eine genügende Grösse erhält, so dass die Haut des Gesässes mit dem Brillenrande möglichst wenig in Contact kommt.

Fig. 191 a b c d.



---

1) Dies erreicht man auf folgende Weise: Das Stirnbrett wird an einer an der Seitenwand befestigten Leiste mittelst Haken und Oesen gehalten, während das Sitzbrett rückwärts und an den Seiten lose in Zapfen an einer festen Wandleiste liegt und vorn an der Unterseite zwei gebohrte Zapfenlöcher hat, in welche die oberen Zapfen des Stirnbrettes hineingreifen. (Handb. d. Architektur. III. Th. 5. Band. EDUARD SCHMITT: Aborte und Pissoirs. Darmstadt, A. Bergsträsser. S. 250.)

Der Längsdurchmesser der eiförmigen Oeffnung soll mindestens 30 Cm., der Querdurchmesser nicht weniger als 22 Cm. betragen. Der Deckel wird entweder abnehmbar, oder um seine hintere Kante klappbar eingerichtet. In letzterem Fall muss man dafür Sorge tragen, dass er leicht abgenommen und alle seine Theile, sowie die von ihm gedeckte Umrandung der Brille abgewaschen werden kann.

Viele, namentlich solche, welche an Obstipation leiden, haben die Gewohnheit, die Defäcation in hockender Stellung abzumachen, indem sie sich auf das Sitzbrett stellen. Um dies und die dabei unausbleibliche Verunreinigung des Sitzbrettes mit Strassenschmutz u. s. w. zu verhüten, hat man die verschiedensten Mittel, meistens aber ohne Erfolg versucht. Man hat die vordere Hälfte der kreis-

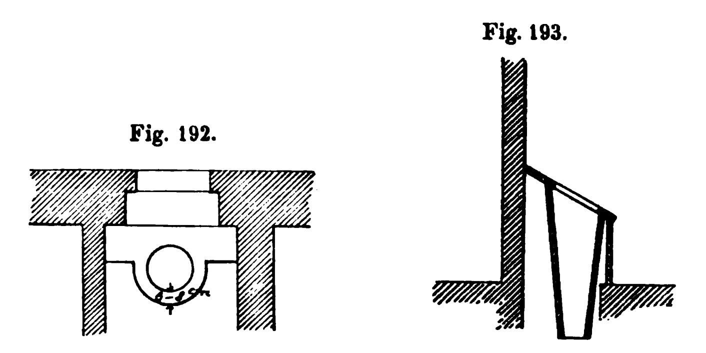
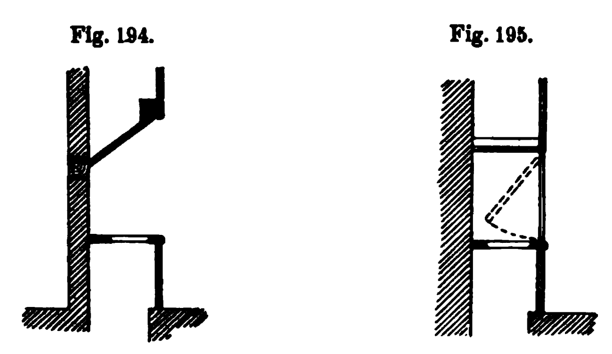


Fig. 192. Fig. 193.

förmigen Brille mit einem nur 6 bis 8 Cm. breiten Rand (Fig. 192) umgeben, so dass der Sitz eine nach vorn cylindrische Gestalt erhält. Die Folge war, dass man sich mit dem Rücken nach vorn auf das Sitzbrett stellte, so dass die Füsse auf dem breiteren Theil des Sitzbrettes standen und nun erst recht eine höchst widerliche Beschmutzung des vorderen Randes der Brille zu Stande kam, wodurch die Benützung des Abortes durch Nachfolgende unmöglich gemacht ist. Vielerorts pflegt man in der gleichen Absicht das Sitzbrett schräg anzuordnen (Fig. 193). Hierdurch wird aber das Stehen nicht unmöglich, indem durch das Anstemmen der Hände gegen die Seitenwände der Abortzelle oder durch das Einhaken der Stiefelabsätze in die Brillenöffnung das Abgleiten vom Sitzbrett verhindert wird. In dieser unbequemen Stellung wird der Sitz unausbleiblich stark verunreinigt, und die normale Benützung des Abortes ist nicht nur sehr unbequem, sondern auch widerlich, weil das Gesäss mit dem meist beschmutzten, unteren Rande der Brillenöffnung in Berührung kommt.

Ebensowenig hat man den beabsichtigten Zweck dadurch erreicht, dass man einen horizontalen Balken in solcher Höhe (etwa 80 Cm. über dem Sitzbrett) und in solchem Abstande von der Rückwand anbrachte, dass ein Stehen unmöglich und die sitzende Stellung zur Nothwendigkeit gemacht wird. Die Folge ist, dass absichtlich oder aus Unkenntniss statt des Sitzbrettes der Balken benützt und in Folge davon eine abscheuliche Beschmutzung des ersteren verursacht wird. Um diese Verwechselung zu verhüten, muss man in geringer Höhe (etwa 50 Cm.) über dem Balken die Decke anordnen oder eine Bretterverschalung nach Fig. 194 und noch besser eine Rückenklappe nach Fig. 195 anbringen, wodurch die Defäcation im Stehen unmöglich gemacht und nur im Sitzen möglich ist.[1])

Fig. 194. Fig. 195.



Das Ziel wird aber am besten erreicht und zugleich ein reinlicher Abort geschaffen durch die freistehenden, ganz aus Gusseisen oder Fayance bestehenden Abortbecken mit einem schmalen ringförmigen Holzsitz (siehe Fig. 190 u. 216). Wenn der Abort zugleich als Pissoir und Ausguss von vielen Personen benützt wird, so ist es zweckmässig, das Sitzbrett um seine hintere Kante drehbar zu machen und daselbst ein Gewicht anzubringen, welches dasselbe nach der Benutzung des Abortes selbstthätig wieder in die Höhe hebt. Das Sitzbrett muss um die Brille herum so schmal sein, dass ein Stehen unmöglich wird.

In Frankreich hat man, um zu verhüten, dass das Gesäss und die Oberschenkel mit der oft verunreinigten Sitzplatte in Berührung kommen, und weil Viele die Defäcation in hockender Stellung vorziehen, sogen. Hockaborte (latrines à la turque) angewendet, welche namentlich für Collectivwohnungen (sowie Schulen, Spitäler, Kaser-

1) Dr. Eduard Schmitt: Aborte und Pissoirs in Handb. der Architektur. III. Thl. 5. Bd. 1892. S. 252.

nen u. s. w.) geeignet sind. Werden dieselben von Gusseisen oder anderem, impermeablem Material so hergestellt, dass die Bodenfläche gegen das Brillenloch convergirt und der Tritt erhöht ist (Fig. 196), dann lässt sich gegen dieselben nichts einwenden; sie müssen öfters mit viel Wasser gespült und rein gehalten werden. Holzverschläge dürfen unter keinen Umständen Anwendung finden, da sie sich mit Urin imprägniren und die Quelle von Gestank und Infectionen werden können. Die Anordnung von etwas erhöhten Tritten veranlasst den Besucher, sich richtig zu setzen. In der Kaserne Schomberg besteht die Umgebung der Oeffnung aus einer 65 Cm. weiten Rinne, durch welche Wasser fliesst und die mit einem Gitter aus galvanisirtem Eisen gedeckt ist. Im Hospital Saint-Martin (Paris) ist die Rinne durch eine dicke Glasplatte mit tiefen Rinnen ersetzt, welche stets mit Wasser gefüllt sind. Aus Sittlichkeitsgründen empfiehlt es sich, der Lünette die Form einer Muschel nach Fig. 196 zu geben, welche aus einem Stück glasirten Steinguts besteht und in der Fabrik Pouilly sur Saône hergestellt wird.

Fig. 196.

Bei Abortgruben und Fosses mobiles sind die Hockaborte nicht gut anwendbar, weil sie viel Wasser zur Reinhaltung brauchen. In Städten mit Schwemmsystem steht ihrer Anwendung nichts entgegen. In Kasernen, Schulen u. s. w. verbindet man die Brillenöffnung durch ein weites Rohr mit einem horizontalen Cylinder, welcher an einem Ende in einen Syphon endigt und am anderen eine intermittirende Wasserspülung erhält (E. Richard).

Dichtschliessende Brillendeckel und Wasserverschlüsse des unteren Endes des Abfallrohres.

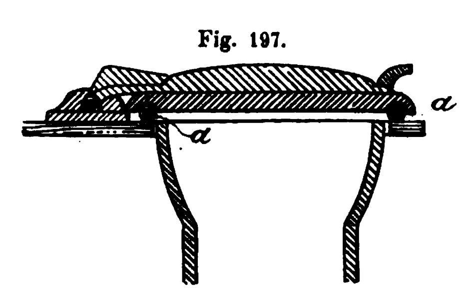
Um bei nicht ventilirten Aborten das Ausströmen von riechenden Gasen in die Abortzelle zu verhüten, hat man gasdicht schliessende Deckel angewendet.

Einen solchen hermetischen Verschluss hat man auf verschiedenen Wegen erzielt. So hat die Firma Joh. Bandenbocher[1]) in Augsburg einen dichtschliessenden Abortsitzverschluss eingeführt, welcher überall da, wo Wasserclosets nicht vorhanden sind, dienen soll, den Geruch fern zu halten. Der Verschluss besteht, wie aus Fig. 197 ersichtlich, aus einem Gummiring *a*, welcher unterhalb an

1) Zeitschrift f. Bauhandwerker 1889. S. 95.

dem Deckel in einer entsprechenden Nute oder Rinne eingelassen ist und der sich dicht auf das Sitzbrett auflegt und so das Eindringen das Geruches verhindert. Eine zu gleichem Zweck dienende Einrichtung ist in dem unten citirten deutschen Bauhandbuch abgebildet und beschrieben.[1])

Fig. 197.



Um das Eindringen von riechenden Gasen durch den Abortsitz in den Abortraum zu verhüten, hat man auch am unteren Ende der Abfallrohre selbstthätig sich öffnende und schliessende Klappen angebracht, deren Functionirung aber mit der Zeit leicht Störungen erleidet. Ein einfacherer und zuverlässigerer Verschluss wird durch eine kurze Biegung des unteren Endes des Abfallrohres erzielt, wobei der Abschluss durch die flüssigen Auswurfstoffe, eventuell mit Zusatz von Wasser, geschieht (Fig. 198). An Stelle des Kniebogens hat man

Fig. 198.

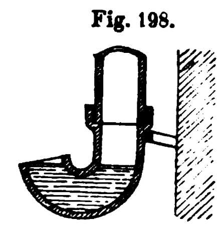
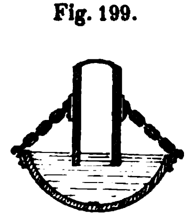


Fig. 199.



auch ein durch Ketten vor der Rohrmündung befestigtes Becken nach Fig. 199 verwendet, welches mehr Sicherheit gegen Verstopfen gewährt.

Anstatt dieses besonderen, am Ende des Abfallrohres angebrachten Reservoirs kann man auch den flüssigen Grubeninhalt selbst zum Abschluss der Grubengase benützen. Das Ende des Abfallrohrs muss in diesem Falle einige Centimeter tief in die Grubenflüssigkeit eintauchen. Nach der jedesmaligen Räumung der Grube muss dieselbe, um den Rohrabschluss herzustellen, wieder vollständig mit Wasser gefüllt werden, welches entsprechend der allmählichen Füllung mit Excrementen durch ein Ueberlaufrohr abfliesst.

Wird ausser dem Verschluss der unteren Rohrmündung auch

---

1) Deutsches Bauhandbuch. Bd. II. 1. Halbband. S. 556. Berlin, E. Toeche. 1880.

noch oben in einiger Entfernung vom Abortsitz ein gut schliessender Schieber oder eine Klappe nach Fig. 201 angebracht, dann können nur noch geringe Gasmengen bei der Benutzung des Aborts in den Abortraum eindringen, und die Belästigung durch stark bewegte Luft (Zugluft) ist bei diesen Einrichtungen ganz vermieden.

Einfache und doppelte Schieber, Klappen und selbstthätige Verschlüsse.

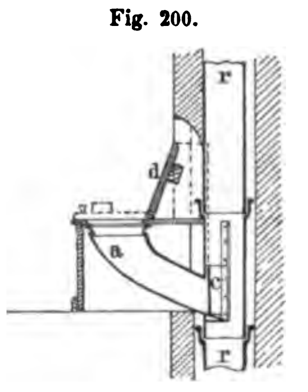
Bei Aborten ohne Wasserverschluss tritt bekanntlich bei stürmischem Wetter, namentlich wenn der Abort nach West liegt, in Folge des meistens undichten Verschlusses der Grube der Fall ein, dass beim Oeffnen der Klappe ein eiskalter Luftstrom mit höchst übelriechenden Gasen über die den Abort benützende Person hinweg in das Cabinet mit grosser Heftigkeit einströmt und die Defäcation oft geradezu unmöglich, immer aber höchst widerlich macht; gleichzeitig fliegen beschmutzte Papierfetzen nach oben, ein ekelhaftes Bombardement, welches zum Schliessen der Klappe zwingt. Die Abortgase erfüllen in solchen Fällen oft die ganze Wohnung, wenn man auch in Folge der Verdünnung nicht viel davon riecht. Um diesen schauerlichen Zuständen, die bisher auch in München sehr verbreitet waren, ein Ende zu machen, und um den Luftzug bei Benutzung des Aborts überhaupt zu verhüten, ist das beste Mittel der hermetische Verschluss der Grube.

Man hat versucht, das Eindringen der Fäulnissgase in die Abortzelle und von da in die Wohnräume u. s. w. durch Klappen oder Schieber zu verhüten, welche entweder um eine horizontale Axe drehbar oder horizontal zu verschieben sind, so dass nach Belieben der Querschnitt des Rohres frei oder abgeschlossen wird. Die Klappen werden entweder durch das Gewicht der darauffallenden Excremente nach abwärts geneigt, so dass die letzteren abgleiten, oder sie müssen durch das Verschieben oder Emporziehen einer Griffstange geöffnet werden. Da aber das Niedergleiten der Abfallstoffe, welches einige Zeit erfordert, gewöhnlich nicht abgewartet und die Griffstange zu früh niedergelassen wird, so wird der Verschluss durch die zwischenliegenden Abfallstoffe undicht und der Zweck der Klappe illusorisch.

Bei einfachen, horizontalen Schiebern soll die Defäcation bei geschlossenem Schieber vollzogen und die Excremente durch das Zurückschieben vom unteren Rand der Beckenmündung abgestreift werden. Diese Art der Schieberverwendung ist höchst unästhetisch und verwerflich, da der Schieber und der Trichterrand stets mit Koth beschmutzt sind. Geschieht aber die Defäcation nur bei geöffnetem Schieber, dann bleibt derselbe rein und hat als Quer-

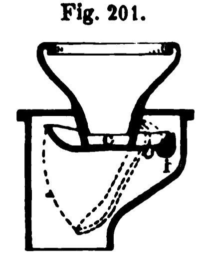
schnittsverschluss, resp. wesentliche Querschnittsverengerung den grossen Werth, während der Nichtbenutzung des Abortes das Eindringen der Abortgase in die Wohnung erheblich zu vermindern. Wenn bei stürmischem Wetter die Defäcation bei geschlossenem Schieber vollzogen wird, dann muss eine Reinspülung mit Wasser vorgenommen werden. Ist dies wegen der geringen Grösse des Behälters (Fosses mobiles) nicht angängig, dann sollte man den Schieber nach Fig. 200 vertical anordnen.[1]) Das Becken *a* und das vom Fallrohr *r* abzweigende Zweigrohr sind aus einem Stück Gusseisen gebildet. Vor der Einmündung des Zweigrohres in das Fallrohr ist der Schieber *c* angebracht, welcher im Fallrohr durch zwei eiserne Schienen und eine Kette festgehalten wird. Letztere führt über eine Rolle nach dem Sitzdeckel *d*, der mit einem Gegengewicht versehen ist. Wird der Deckel geöffnet, so geht der Schieber in Folge seines Eigengewichtes nieder und beseitigt dadurch jeden Luftzug von unten; wird der Deckel geschlossen, so wird der Schieber emporgezogen, und die Abgangsstoffe fallen in das Abortrohr.

Fig. 200.



Den Uebelstand, dass an horizontalen Klappen stets ein Rest von Abgangsstoffen haften bleibt, welcher denselben ein unreinliches Aussehen gibt und auch üblen Geruch im Abort erzeugt, hat ROGIER-MOTHES[2]) dadurch zu beseitigen versucht, dass er der Beckenmündung und der Klappe die in Fig. 201 veranschaulichte Form gab. Die Klappe *c* ist wesentlich grösser als die Beckenmündung und schalenförmig gestaltet. Durch das Gegengewicht *i* wird der Boden der Klappe dicht an den unteren Rand der Beckenmündung angedrückt; in Folge dessen sammeln sich die festen Ausscheidungen nur innerhalb der letzteren an, während der Urin die Klappenschale ringsherum anfüllt. Sobald die Kothmassen das Uebergewicht über das Gegengewicht *i* erhalten, stellt sich die Schale, indem sie sich um ihre Axe *n* dreht, nach abwärts;

Fig. 201.



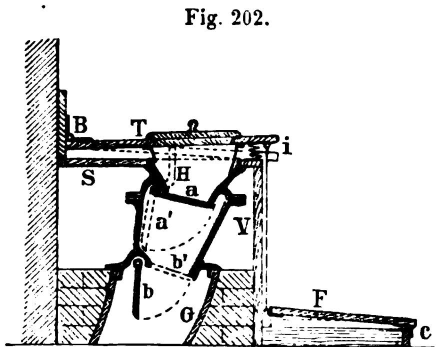
1) Handb. d. Architektur. III. Thl. 5. Bd. E. SCHMITT u. s. w. S. 265.

2) F. LIGER: Fosses d'aisances etc. Paris 1875. p. 142. Citirt in Dr. EDUARD SCHMITT: „Aborte und Pissoirs“. Handbuch d. Architektur. III. Th. 5. Bd. S. 263. 2. Auflage. Darmstadt 1892. Verlag von A. Bergsträsser.

zuerst fliesst der im schnabelförmigen Theile der Schale stehende Urin ab, dem alsdann die festen Stoffe und schliesslich die hinter diesen gelagerte Urinmenge folgt; diese letztere soll ein Abspülen der Schale bewirken.

Einige der oben erwähnten Nachtheile der Schieber und Klappenverschlüsse kann man durch Anwendung doppelter Klappen beseitigen. Von diesbezüglichen Einrichtungen ist namentlich die durch doppelte Klappen erzielte „Geruch- und Luftsperre“ für Aborte von Oberingenieur FRIEDR. PAUL[1]) in Wien (Fabrikant: FERDINAND BAUER, Wien VII. Zieglergasse 67) zu erwähnen. Fig. 202 stellt den Durchschnitt eines Abortsitzes mit dem Einsatze dar.

Fig. 202.



Die Gainze *G* muss 20 Cm. über den Fussboden emporstehen. Die Lichtweite der Gainze darf an der oberen Stelle 25 Cm. betragen. Die Gainze soll möglichst viel Gefälle haben, damit eine Ansammlung der Excremente möglichst vermieden wird. Die Vorderwand *V* soll aus Holz gemacht werden, der darauf liegende Spiegel *S* (Blindspiegel) muss so ausgeschnitten werden, dass der Apparat hineinpasst, wie Fig. 202 zeigt. Der obere Spiegel *T* ist rückwärts mit 2 Messingbändern *B* anzuschlagen und ist zur leichteren Anbringung derselben ein Stück Brett rückwärts an der Mauer festzumachen. Dieser bewegliche Spiegel liegt auf dem vom Apparate vorstehenden Hebel *H* und ist bei dessen Auflage eine Messingpfanne einzulegen. Vorn ist der Spiegel durch zwei schwache Eisenstäbe mit der vor dem Aborte anzubringenden Stufe, deren Trittbrett *F* um die Axe *C* beweglich ist, zu verbinden. Zwischen dem Blindspiegel und dem beweglichen Spiegel sind vorn zwei Spiralfedern *i* anzubringen, welche den Spiegel und den Fusstritt heben. Die vordere Kante des oberen Spiegels *T* liegt bei Nichtbenutzung des Abortes um etwa 4 Cm. höher, als im Benutzungsfalle. Der dadurch entstehende Zwischenraum ist vorn mit einer schwachen Blechschiene zu decken, welch letztere an dem oberen Spiegel befestigt wird und sich auf- und abwärts bewegt. Desgleichen ist auch ein Blechring an dem oberen Spiegel anzubringen, welcher, wie Figur zeigt, in die obere Schale des Apparates eingreift und den Raum zwischen fixem und beweglichem Spiegel abschliesst. Tritt daher Jemand in den Abort und steigt auf den Fusstritt *F*, so wird dieser sammt dem oberen Spiegel *T* und dem Hebelarm *H* nieder-

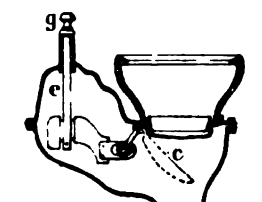
1) Neuartige Geruch- und Luftzugsperre für Aborte. Der Rohrleger. I. Jahrg. 1878. S. 250.

gedrückt und bringt letzterer durch die Bewegung die beiden Klappen in die entsprechende Stellung, indem sich die Klappe *a* nach *a'* zurücklegt, und die Klappe *b* in die Lage *b'* gelangt, welche den vom Abortschlauche heraufkommenden Zug absperrt. Bei Benutzung des Abortes fallen daher die Excremente auf die geschlossene Klappe *b'*. Entfernt sich der Benützer des Abortes, so kommen Spiegel und Fusstritt wieder in die frühere Stellung zurück, und schliesst sich von selbst die obere rein gebliebene Klappe, während sich die untere zur Abgabe der Excremente öffnet. Wie aus der Zeichnung ersichtlich, öffnet sich die obere Klappe so weit nach rückwärts, dass eine directe Beschmutzung derselben nicht leicht eintreten kann. Nachdem sowohl im Zustande der Benutzung, als auch in dem der Nichtbenutzung immer eine der Klappen geschlossen ist, so bleibt in allen Fällen der Luftzug abgesperrt.

Die Function des Apparates ist eine selbstthätige, was bei der grossen Indolenz des Publikums, namentlich bei öffentlichen und Schulaborten, von grossem Werthe ist. — Reparaturen, die bei der soliden Construction selten vorkommen, können von jedem Schlosser ausgeführt werden. Ein vollkommen luftdichter Verschluss kommt selbstverständlich bei dieser Einrichtung nicht zu Stande, und allmählich setzen sich Theile der Abfallstoffe an den Klappen so fest, dass dieselben noch undichter und eine Reinigung derselben nöthig wird. Immerhin wird das Eindringen von riechenden Gasen in die Abortzelle durch die stets sehr erhebliche Verengerung des Querschnittes auf ein Minimum beschränkt, und diese automatischen Einrichtungen haben jenen gegenüber, bei welchen das Oeffnen und Schliessen der Klappen durch die Person selbst vermittelst Emporziehen oder Niederdrücken einer Griffstange u. s. w. bewerkstelligt werden soll, wesentliche Vorzüge.

Bei dem Cazaubon'schen Abort [1]) ist das Sitzbrett durch einen Hebelmechanismus mit der Klappe verbunden; sobald sich Jemand auf das Sitzbrett setzt, wird dasselbe niedergedrückt und die Klappe geöffnet.

Fig. 203.



Einen bewährten Mechanismus besitzen die (allerdings nicht selbstthätigen) Klappenverschlüsse von Guinier [2]) und Havard (Fig. 203), welche auch bei Wasserclosets angewendet werden, bei welchen sie aber als veraltete und unzweckmässige Construction (siehe später die Nachtheile des Klappentopfes) nicht mehr empfohlen werden können. Bei der Guinier'schen Construction, welche sich von der Havard'schen nur durch den Mangel eines die geöffnete Klappe selbstthätig schliessenden Gegengewichtes unterscheidet,

---

1) F. Liger, Fosses d'aisances. Paris 1875. p. 188.

2) Revue gén. de l'archit. 1879. Pl. 9—10. Die Figur aus Handb. d. Architektur. III. Th. 5. Bd. 2. Aufl. 1892. S. 265.

wird durch Anziehen des Griffes *g* die Griffstange *e* gehoben und die Klappe *c* geöffnet.

Die Schieber- und Klappenverschlüsse sind zwar einfache und billige Einrichtungen, aber nur als Nothbehelfe da zu empfehlen, wo die viel wirksamere Abortventilation oder Wasserclosets nicht ausführbar sind.

ZEHNTES CAPITEL.

Wassercloset-Anlagen.

Wasserclosets oder Spülaborte.

Vermittelst der Wasserclosets, welche aber nur in Städten mit Schlemmcanalisation in vollendeter Weise anwendbar sind, lassen sich am leichtesten geruchfreie und reinliche Aborte herstellen.

Die Wasserspülung ist gegenwärtig bei den guten Closets so zweckmässig angeordnet, dass mit Sicherheit alle Koththeilchen von den Schüsselwandungen entfernt werden, so dass dieselben niemals ein unreinliches Aussehen haben.

Ausserdem wird durch das zuletzt abfliessende Spülwasser ein Geruchverschluss des Beckenausgangs gegen das Fallrohr zu gebildet, und der Hauptvortheil für die Gesundheit der Wohnungen ist die sofortige Fortspülung der Excremente aus dem Bereich des Hauses.

Ein vollkommen construirtes Wassercloset mit guter Spülung entspricht allen Anforderungen der Hygiene in Bezug auf die Unschädlichmachung der Excremente für die Bewohner des Hauses, und Desinfectionseinrichtungen sind bei guten Wasserclosets nicht nöthig. —

Die Grundbedingung der richtigen Functionirung, Geruchlosigkeit und Reinlichkeit der Wasserclosets ist eine geeignete und ausreichende Wasserspülung.

Bei denjenigen Gebäuden, welche an die Wasserversorgung angeschlossen sind, kann das für die Spülung der Closets erforderliche Wasser leicht aus der Wasserleitung entnommen werden.

Das Spülrohr, welches nach dem Abortbecken geht und diesem das Spülwasser zuführt, darf aber, wie in England, so auch in München (nach einer ortspolizeilichen Vorschrift) nicht in directer Communication mit der Trinkwasserleitung sein, weil bei einer zufälligen Entleerung des Wasserrohrnetzes oder bei ungenügendem Drucke die Closets nach dem Gebrauche nicht gespült werden und Abortgase in das Wasserrohrnetz eindringen könnten; auch entstehen leicht Rückschläge, d. h. plötzliche Drucksteigerungen, welche einen Bruch des

Wasserleitungsrohres zur Folge haben könnten.[1]) Es muss deshalb zwischen das Rohrnetz des Gebäudes und das Abortbecken ein sogenanntes Dienst- oder Spülreservoir oder irgend eine andere geeignete Einrichtung eingeschaltet werden. Diese Spülreservoire haben zugleich den Zweck, sowohl das Wassersparen, als die Wasservergeudung zu verhüten, da durch dieselben die Spülwassermenge auf ein bestimmtes Maass eingestellt wird.

Das Wasser tritt in der Regel aus der Leitung oder aus einem Hauptreservoir unter Dach durch einen Schwimmkugelhahn in das im Closetraum befindliche Spülreservoir und füllt dasselbe bis zu einer bestimmten Höhe, bei welcher der mit dem Wasser emporsteigende Schwimmkugelhahn den Wasserzufluss abschliesst.

Aus dem Spülreservoir führt ein Spülrohr zum Closet, und der Ausfluss des Spülwassers, resp. die Entleerung des Spülreservoirs findet durch Oeffnen und Schliessen von Ventilen im Boden des Reservoirs oder durch Glocken- und andere Heber entweder nach Belieben der das Closet benutzenden Person statt, oder aber automatisch. Das Erstere, d. h. die freiwillige Spülung erfolgt durch das Anziehen einer Leine, welche das Ausflussventil öffnet, oder durch Drücken auf einen Knopf, welcher, wie bei dem sehr sinnreich construirten Spülreservoir von FLEISCHMANN, den Luftverschluss eines Hebers aufhebt und die Spülung einleitet. Die automatische Spülung erfolgt durch specielle Einrichtungen am Abortsitz oder beim Oeffnen und Schliessen der Thür.

Gegenwärtig sind nur noch solche Spülreservoire im Gebrauch, bei welchen die zu jedem Gebrauch des Abortes erforderliche Spülwassermenge auf ein bestimmtes Maass eingeschränkt ist (water waste preventing cistern), und die einfachsten Einrichtungen, bei denen Ventile, Hebel, sowie vergängliche Theile, wie Gummiplatten u. s. w., und überhaupt jeder complicirte Mechanismus, welcher Justirung oder Regulirung erfordert, vermieden sind, bewähren sich am besten. Von vollkommneren älteren Constructionen ist Bean's Spülreservoir und die Glockenheber-Einrichtung der Lambethworks in London (Fig. 204), bei welcher alle Ventile umgangen sind, zu erwähnen.

---

1) In München ist die directe Spülung der Wasserclosets vermittelst eines Rohres der Trinkwasserleitung neuerdings erlaubt, weil erfahrungsgemäss die hierdurch möglichen Calamitäten sehr selten oder nur ganz ausnahmsweise sich ereignen, und weil ihre Bedeutung in keinem Verhältniss zu den zu ihrer Verhütung nöthigen Kosten steht. Die Closetanlage wird bei directer Spülung bedeutend billiger.

Das in der Glocke g (Fig. 204) befindliche Centralrohr r mündet in das Spülrohr p und ist oben trompetenartig erweitert. Die Glocke ist unten durch eine ringförmige Scheibe, die bei o o genügenden Zwischenraum für den Eintritt des Wassers frei lässt, geführt. Wird durch Anziehen der Zugkette k die Glocke gehoben, so wird, weil deren Durchmesser bedeutend grösser, als jener der Rohre r und p ist, eine Luftverdünnung hervorgebracht, und es tritt nunmehr aus dem Reservoir D durch o Wasser in die Glocke und das Rohr r, und zwar so lange, bis der Wasserspiegel im Reservoir bis zur Glockenunterkante q q gesunken ist.

Derartige Spülreservoir-Einrichtungen setzen voraus, dass der Abortbesucher die Zugkette so lange angezogen hält, bis das Abortbecken rein gespült, resp. die verfügbare Wassermenge ganz ausgeflossen ist. Da dies aber häufig nicht geschieht, so hat man Spüleinrichtungen construirt, bei welchen auch nach dem Loslassen der

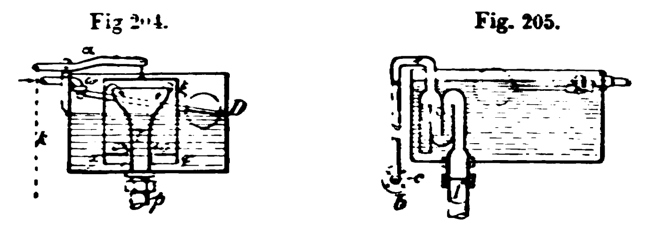


Fig. 204. Fig. 205.

Zugkette das Ausfliessen des Spülwassers fortdauert, bis das ganze Reservoir entleert ist. Nur durch solche Einrichtungen wird eine stets ausreichende Beckenspülung garantirt. Dieselben sind gegenwärtig so vervollkommnet, dass ein Fingerdruck auf einen neben dem Sitz befindlichen Knopf genügt, um das ganze Reservoir zur Entleerung zu bringen. Zu den neuesten und besten Constructionen dieser Art gehört die pneumatische Spülvorrichtung (Fig. 205) von Julius Fleischmann in München (Korneliusstr. 11). Das Reservoir besitzt weder Zug, Ventile, Hebel noch Charnier und bleibt bei der Spülung, ohne jede mechanische Bewegung, stabil. Dasselbe besitzt einen gusseisernen, emaillirten Doppelsyphon (d), an welchem sich ein Luftbogen (e) befindet, der mit einem 10 Mm. weiten, bis in die Nähe des Sitzes geführten Bleirohr verbunden wird, an dessen Ende der Luftverschluss (b) angeordnet ist. Die Figur zeigt das Spülreservoir in gefülltem Zustand. Soll gespült werden, so genügt ein kurzer Druck auf den Luftknopf c, um das ganze Reservoir zu entleeren, denn durch das Andrücken des Luftknopfes entweicht die im Syphonschenkel d eingepresste Luft, und das Wasser, welches im Reservoir hoch über dem Syphon steht, stürzt ungehindert durch den letzteren in das Spülrohr f, wodurch der Heber in saugende Function gesetzt

wird und das Reservoir entleert. Sobald die Einströmungsöffnung des Syphon vom Wasser frei wird', tritt Luft in denselben, und die Saugwirkung hört auf. Das Reservoir füllt sich nun wieder in gewöhnlicher Weise durch den Schwimmkugelhahn. Sobald Wasser die Einströmungsöffnung des Syphon wieder bedeckt, ist der Verschluss wiederhergestellt, indem die in dem Syphon befindliche Luft nicht mehr entweichen kann, mithin den Durchlass des Wassers verhindert. Das Wasser kann nun nur genau nochmal so hoch über den Syphon steigen, als die Höhe des mit Luft gefüllten Syphonschenkels *d* beträgt, und alles nun noch zufliessende Wasser fliesst in Folge des Ueberdruckes durch den Syphon ab. Es wird deshalb der Schwimmer so eingestellt, dass sich derselbe schliesst, bevor der höchstmögliche Wasserstand erreicht ist. Sollte der Wasserstand durch Undichtwerden des Schwimmers u. dergl. grösser werden, so läuft das Ueberwasser durch den Syphon ab, ohne denselben in saugende Function zu setzen. Diese Einrichtung hat sich in München auf das Beste bewährt und dürfte ihrer Einfachheit und Unverwüstlichkeit halber grosse Verbreitung finden.

Fig. 206.



Sehr zweckmässig ist auch der von Wachter und Morstadt (Inhaber Pfister und Schmidt) in München [1]) angegebene Closet-Spülapparat (Fig. 206, 207 und 208) construirt. Derselbe besteht aus einem kleinen Reservoir, dem an einem hohlen Drehhebel beweglichen, oben offenen, kugelförmigen Schwimmergefäss und dem durch diese Bewegung mittelst Gewinde sich öffnenden, bezw. schliessenden Einlassventil. Letzteres ersetzt den sogenannten, noch viel gebräuchlichen Schwimmkugelhahn, der bekanntlich zu häufigen Reparaturen, Wasserverlusten und oft auch zu Ueberschwemmungen Anlass gibt.

Durch einen kurzen Zug an dem Handgriff der Kette (Schnur) wird der Schwimmer untergetaucht, dabei das Ventil am Drehpunkt geöffnet und dem Reservoirinhalt ein rascher Abfluss nach dem Closet ermöglicht, bis nach stattgehabter Entleerung der Schwimmer mit dem

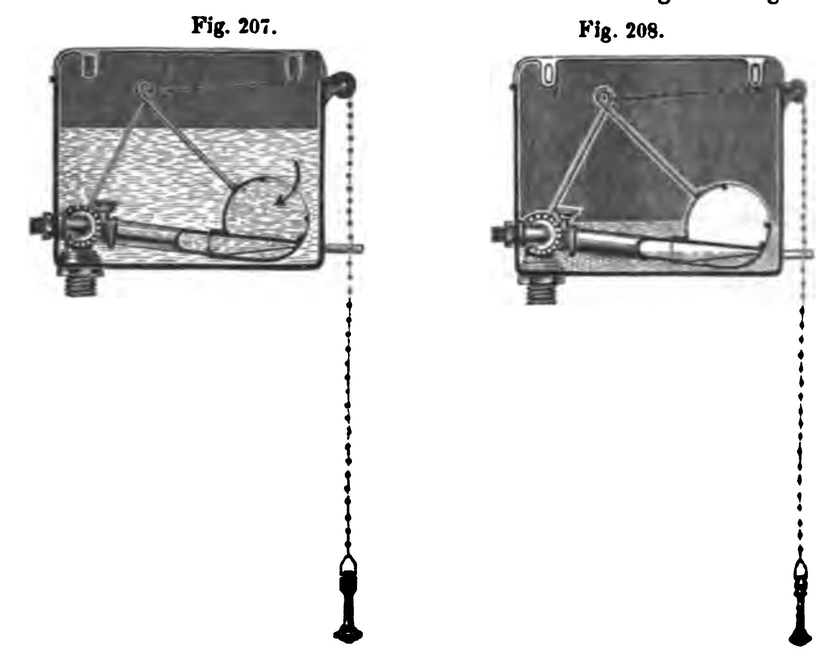
---

1) C. E. Gesundheits-Ingenieur 1892. S. 255.

aus der Leitung zuströmenden Wasser sich wieder hebt und in einer gewissen Höhenlage das Einlassventil schliesst. Durch eine Stellschraube ist diese Höhenlage beliebig zu fixiren und dadurch die Spülwassermenge ganz nach Wunsch, resp. Erforderniss einzustellen.

Die höchste Stellung des Schwimmers ist ausserdem durch Anschlag begrenzt, so dass bei undichtem Ventil das überlaufende Wasser durch den Schwimmer in das Closet abfliesst, ein Ueberlaufen des Reservoirs also ausgeschlossen ist, ohne dass dasselbe mit einem eigenen Ueberlaufrohr versehen zu werden braucht. Fig. 206 zeigt das

Fig. 207. Fig. 208.



gefüllte Reservoir, Fig. 207 die Stellung des Schwimmers während der Spülung, und Fig. 208 das entleerte und sich wieder füllende Reservoir.

Das im Schwimmer und dessen Abflussrohr bei gesenkter Lage stehenbleibende und erst mit dessen Heben sich entleerende Wasser dient zur Nachspülung, bezw. Wiederherstellung des Wasserverschlusses im Closet, was als ein besonderer Vorzug des Apparates hervorgehoben werden muss.

Da die Füllung des Reservoirs in ca. 30 Secunden vor sich geht, so ist der Apparat nach kurzer Pause wieder wirksam. Das bei den gewöhnlichen Schwimmkugelhähnen hörbare lästige Geräusch kommt hier, weil die Einströmung unter Wasser erfolgt, nicht zu Stande.

Der Apparat kann auch zu automatisch intermittirender Spülung und ebenfalls mit beliebig bemessenem Spülwasserquantum eingerichtet werden.

Die Spülreservoire sollten wenigstens 9 bis 10 Liter Wasser fassen, da diese Quantität zu einer ausreichenden Spülung nothwendig ist. Sie sollten in einer Höhe von mindestens 1,5 Meter über dem Sitz angeordnet sein. Das Spülrohr muss einen Durchmesser von 30 Mm. haben, ein Maass, welches man in England allgemein fordert. Leider begnügt man sich bei uns vielfach mit kleineren Reservoiren und mit engeren Spülröhren. Im Interesse einer genügenden und energischen Spülung, von der die richtige Functionirung des Closets in erster Linie abhängt, sollte man die erwähnten Grössenverhältnisse vorschreiben.

Es ist eine übel angebrachte und nicht einmal rentable Sparsamkeit, wenn man kleinere Reservoire anwendet. In München wenigstens kommt dabei sicherlich nichts heraus. Ein Cubikmeter Wasser kostet in München 5 Pfennige. Man kann also ein Closet, welches ein 10 Liter fassendes Spülreservoir hat, für den Preis von 5 Pfennigen 100 mal spülen.

Es ist nothwendig, dass man sich bei der Aufstellung des Closets überzeugt, ob die Spülung eine geeignete und genügende ist. Man kann zu diesem Zweck eine bei der Health Exhibition (London 1884) benützte Methode anwenden:

Man stellt unter den Ausfluss des Syphons, bevor derselbe mit dem Fallrohr verbunden wird, einen etwa 12 Liter fassenden Behälter. Alsdann werden 10 Aepfel im Durchschnitt von 3 Cm. Durchmesser und ein flacher Schwamm von 10 Cm. Durchmesser in das Closetbecken gelegt. Das Wasser, sowie die ganze exponirte und trockene Fläche des Beckens werden zuerst mit Kienruss gefärbt und die vier Seiten mit vier Stücken dünnen Closetpapiers bedeckt, so dass sie an der geschwärzten Oberfläche des Beckens anhaften. Nunmehr setzt man die Spülung in Gang, und nach Ablauf derselben, d. h. nach einmaliger Entleerung des Spülreservoirs müssen sich in dem unter den Geruchverschluss gestellten Behälter: das gefärbte Wasser, die zehn Aepfel, der Schwamm und die vier Closetpapierstücke vorfinden, und an keinem Theil des Beckens darf eine Spur von Schwärze zurückgeblieben sein.

Was nun die Wasserclosets selbst anlangt, so gibt es hunderte von ganz verschiedenen Constructionen, ein Umstand, welcher dem Laien die Auswahl ungemein erschwert.

Die Orientirung wird wesentlich erleichtert, wenn man die Wasserclosets in zwei Gruppen theilt, nämlich: 1. in solche, welche einen mehr oder weniger complicirten Mechanismus am Closets selbst besitzen, und 2. in solche, welche aus einem einfachen Closetbecken

ohne jeden Mechanismus, sowie aus einem damit verbundenen Syphon bestehen.

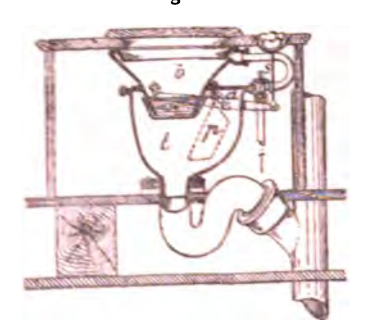
Bei der ersten Gruppe kann man wieder solche Closets unterscheiden, welche durch einen *einzigen* Wasserverschluss, und solche, welche durch zwei Wassersäulen gegen das Abortrohr abgeschlossen sind.

Die ältesten Wasserclosets mit Mechanismus sind diejenigen, bei welchen der erste Wasserverschluss an der Beckenmündung durch eine Schale oder Pfanne vermittelt wird. Diese Closets sind unter dem Namen Panclosets bekannt und leider immer noch sehr vielfach im Gebrauch.

Die Panclosets gehören entschieden zu den unzweckmässigsten Constructionen, und es ist unbegreiflich, dass sie trotz ihrer Nachtheile immer noch Anwendung finden.

Das Pancloset (Fig. 209) besteht aus einem konischen Becken (*b*), welches mit seinem unteren engen Theil in eine mit Wasser gefüllte Pfanne (*p*) taucht, die um eine horizontale Axe (*a*) drehbar ist. Zieht man den Griff, welcher durch eine Stange (*s*) und einen Hebelmechanismus mit der Pfanne verbunden ist, auf, so öffnet sich die Pfanne, sowie auch der im Spülrohr vorhandene Spülhahn, die Beckenspülung tritt in Function, und die Excremente fallen in den Pfannentopf (*t*). Lässt man den Griff aus, so bringt ein Gegengewicht sämmtliche Constructionstheile in ihre frühere Lage zurück, und in der Pfanne sammelt sich so viel Spülwasser, dass ein Geruchverschluss gebildet wird. Die Pfanne bewegt sich innerhalb eines grossen metallischen Kastens (*t*), welcher Pfannentopf oder Sink-, Stank- oder Stinktopf genannt wird. Die letztere Bezeichnung ist sehr zutreffend. Dieser Pfannentopf ist unterhalb des Sitzes angebracht, und seine untere 12 Cm. weite Oeffnung taucht in ein mit Wasser gefülltes Reservoir, welches die Form eines ⊂ hat. Aus diesem geht ein ebenfalls 12 Cm. weites Rohr seitlich ab, welches die Excremente in das Abortrohr führt. Statt des ⊂ bringt man zweckmässiger (wie in der Abbildung gezeichnet) einen Syphon an.

Fig. 209.



Der Hauptfehler dieses Systems ist das Vorhandensein des aus Blei, Messing, Kupfer, Gusseisen oder Porzellan bestehenden Pfannentopfes (*t*), welcher thatsächlich ein Reservoir stinkender Gase

ist und daher mit vollem Recht Stinktopf genannt wird. Seine ganze Wandung ist sehr oft mit Fäcalien beschmutzt, die zeitweise durch das Spülwasser angefeuchtet werden und immer in Zersetzung sind. Wenn man den Griff zieht, so öffnet sich, wie gesagt, die Pfanne nach unten und entleert das Spülwasser und die Excremente in den Topf, dessen Wände immer mit den letzteren tapezirt sind und unmöglich gereinigt werden können. In allen grösseren Städten findet sich das Pancloset noch in vielen Wohn- und öffentlichen Gebäuden, und wenn man sich die Mühe gibt, das Innere des Pfannentopfes mit einer Kerze zu beleuchten, so wird man immer Excremente an den Wandungen finden, zum mindesten ist, selbst wenn der Pfannentopf kurz vorher mit der Bürste gereinigt wurde, hinter der Schale oder Pfanne ein Depot von Fäcalien vorhanden. Auch in dem ∪förmigen Reservoir, in welches der Topf endigt, befinden sich immer Ablagerungen von Excrementen, die ihren Gestank in den Topf entwickeln. So oft die Pfanne sich neigt, um die Excremente fallen zu lassen, entweichen die stinkenden Gase in den Abortraum. Man kann diesem Nachtheil zum Theil dadurch abhelfen, dass man den Pfannentopf, d. h. den Raum zwischen den beiden Wasserverschlüssen, durch ein Ventilationsrohr, welches nach aussen führt, ventilirt.

Im Parkesmuseum findet sich eine grosse Anzahl solcher Panclosets, bei denen die Wandungen des bleiernen Pfannentopfes und des ∪förmigen Reservoirs durchfressen, resp. angeblich durch die Wirkung von Abortgasen durchlöchert sind.

Ein weiterer Nachtheil des Panclosets mit doppeltem Wasserverschluss besteht darin, dass ein derartig zusammengesetztes Closet (wie man aus der Abbildung ersieht) eine sehr bedeutende Höhe hat. Man kann dasselbe deshalb nicht in Fussbodenhöhe aufsetzen; man muss entweder (wie in der Abbildung) den Syphon zum Theil in der Zwischendecke unterbringen oder aber den Abortsitz höher construiren und vor demselben eine Trittstufe anbringen, was aber, wie schon erwähnt, verwerflich ist.

Es ist schliesslich noch zu erwähnen, dass bei diesen aus mehreren Constructionstheilen zusammengesetzten Apparaten an den Verbindungsstellen, wenn sie nicht sehr sorgfältig hergestellt oder mit der Zeit undicht werden, Gase austreten können. Auch entstehen durch verpfuschte Aufstellung der Panclosets weit mehr Unannehmlichkeiten, als bei einfacheren Closetconstructionen.

Trotz aller Fehler und Uebelstände wird das Pancloset, weil es billig ist, von Ingenieuren und Baumeistern auch heute noch den besseren Apparaten vorgezogen.

Dass aber erfahrene und vorurtheilsfreie Praktiker das vom hygienischen Standpunkt über das Pancloset gefällte Verdikt für begründet erachten, zeigt die folgende Aeusserung des auf dem Gebiete der Hausentwässerung sehr verdienten Civilingenieurs PAUL GERHARD in New-York:

„Das Pancloset“, sagt GERHARD, „hat vom sanitären Standpunkt so viele Fehler, dass sein gänzliches Verschwinden aus dem Handel sehr zu wünschen wäre. Um das Zurückklappen der Pfanne zu ermöglichen, befindet sich unter der Schale ein grosser aus Gusseisen hergestellter Topf, ein sogenannter „container“, oft auch sehr passend Stinktopf bezeichnet. An dessen Wänden bleiben nach und nach Fäcalien haften, ein Fortschwemmen derselben ist unmöglich und die davon herrührenden Zersetzungsgase bleiben in dem Raum zwischen dem Geruchverschluss der Pfanne und dem unter dem Fussboden befindlichen Wasserverschluss, bis nach dem Gebrauch des Closets die Pfanne umgeklappt wird; geschieht dies, so strömen Fäulnissgase in den Closetraum. Alle Gesundheitsingenieure sind sich darin einig, dass ein solcher Apparat nicht angewandt werden sollte.“

Alles, was über das Pancloset gesagt wurde, gilt auch von den ihm nachgebildeten, wenn auch etwas verbesserten Pfannenclosets, z. B. vom Havard-Closet und anderen.

Ein Fortschritt, wenn auch kein sehr bedeutender, wurde durch die Construction der Klappen- oder Valveclosets erzielt, welche die zweite Entwickelungsstufe der Wasserclosets darstellen.

Um die bedeutende Höhe der Panclosets mit doppeltem Wasserverschluss zu vermindern, hat man den aufwärts gerichteten Schenkel des Syphons so erweitert, dass er zugleich als Pfannen-, resp. Klappentopf dienen kann. Der Pfannentopf fällt also weg, und die Höhe des Apparates wird dementsprechend reducirt. Als Beispiel für diese Klappen- oder Valveclosets kann das Valvecloset von DOULTON & Co. in London (Fig. 210) dienen. Bei demselben ist der obere Wasserverschluss anstatt vermittelst der Pfanne durch ein wasserdicht schliessendes Klappenventil gebildet. In Folge dessen kann für den oberen Wasserverschluss eine grössere Wassermenge verwendet werden, als beim Pfannenverschluss. Damit aber das den Geruchverschluss bildende Wasser nicht überlaufen, resp. eine gewisse Höhe nicht überschreiten kann, muss ein Ueberlaufrohr (Fig. 210 und 211) angebracht werden, welches den oberen Theil des Abortbeckens mit dem Klappentopf verbindet. Damit durch dieses Ueberlaufrohr keine übelriechenden Gase aus dem Klappentopf in das Abortbecken und den Abortraum gelangen können, muss dasselbe durch einen kleinen Syphon oder durch einen anderen Wasserverschluss (wie in Fig. 211) abgeschlossen werden.

Da das Ueberlaufrohr seinen oberen Anfang in Löchern (Fig. 211y) hat, welche unterhalb des Beckenrandes angebracht sind, so gelangt ein Theil des Spülwassers, welches im Inneren des Beckens, sich drehend, herumläuft oder durch einen besonderen Waschrand auf die ganze Peripherie des Beckens projicirt wird, in den kleinen Syphon, oder aber der letztere wird dadurch gefüllt erhalten, dass, wenn die Spülung eingeleitet ist, nicht nur Wasser nach dem Becken fliesst, sondern auch durch eine besondere Oeffnung (s. Fig. 211) in das Ueberlaufrohr.

Dieser kleine Syphon erfüllt nun thatsächlich sehr oft seinen Zweck nicht, weil er sehr leicht durch folgende Ursachen gebrochen

Fig. 210.

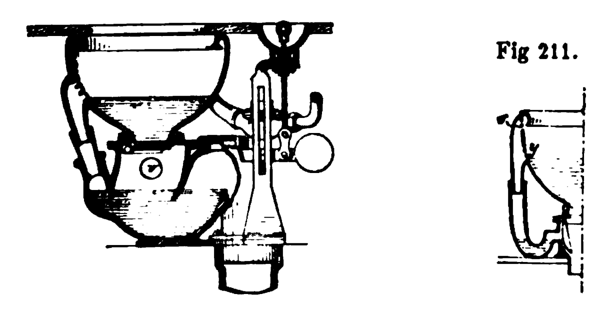


Fig 211.

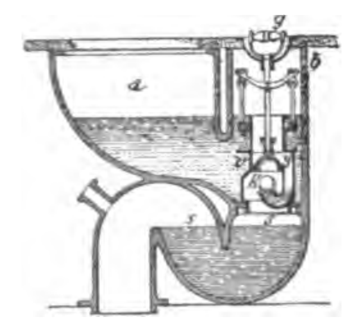
wird: 1. Die Klappe neigt sich sehr rasch nach abwärts und wirft die Luft in dem Klappentopf gegen den kleinen Syphon, durch dessen Wasserfüllung sie sich hindurchbewegt und in das Abortbecken gelangt. Um zu prüfen, ob dies bei einem bestimmten Closet möglich ist, legt man ein Stück Papier auf die Löcher des Ueberlaufrohres und manövrirt mit dem Apparat. Das Papier wird selbstverständlich in das Abortbecken hineingeworfen, wenn es gelingt, durch das Spiel der Klappe die Luft durch den kleinen Syphon zu treiben. 2. kann das beim Oeffnen der Klappe in den Syphon und in das Abortrohr stürzende Wasser die Wasserfüllung des kleinen Syphons mit sich reissen, weil nach dem Schluss der Klappe das Wasser im Abortrohr noch fortfährt zu laufen und die Luft des darübergelegenen Raumes verdünnt.

Der Bruch des kleinen Syphon kann nun aber verhütet werden, wenn man durch ein Ventilationsrohr (Fig. 210v) den Raum, in welchem sich die Klappe bewegt, in Communication mit der äusseren Luft bringt. Es kann dann in Folge des Wasserabflusses nach dem Schluss der Klappe keine Luftverdünnung mehr eintreten, weil aus der Ventilationsröhre reichlich Luft nachfliesst. Durch dieses Mittel

wird zugleich ein anderer Nachtheil, den die Waterclosets mit Pfanne und die mit Klappenventil gemeinsam haben, beseitigt, nämlich der, dass beim Oeffnen der Klappe übelriechende Gase, welche sich zwischen den beiden Wasserverschlüssen angesammelt haben, in den Abortraum gelangen.

Trotz alledem bleibt ein Uebelstand, den alle Spülaborte mit Klappenventil haben und der sie wenig empfehlenswerth macht, bestehen. Das gute Functioniren dieses Closets hängt nämlich ganz von dem dichten Anschluss der Klappe an die Beckenmündung ab. Dieser dichte Anschluss ist aber nicht leicht zu erreichen und auf die Dauer nur schwer zu erhalten. Der Hebelmechanismus, der die Klappe öffnet und schliesst, muss genau justirt sein; die geringste Abweichung erzeugt einen undichten Anschluss der Klappe, und das Becken steht leer. Dazu kommt, dass die dichtenden Kautschukringe gewöhnlich in die Beckenmündung vorspringen und dass sich deshalb auf dem vorspringenden Theile bald Unreinigkeiten festsetzen, die gleichfalls dazu beitragen, den dichten Schluss der Klappe zu verhindern.[1]) Auf diese Weise wird also mit der Zeit der Verschluss defect und durchlässig, und alles Wasser läuft aus der Schale fort. Ist eine solche Leckage zu Stande gekommen, dann ist es unmöglich, das Closet rein zu halten. Ausserdem kommt es oft vor, dass auch bei intacter Klappe ein Papierfetzen zwischen Klappe und Schale geklemmt und ein dichter Abschluss der Klappe dadurch verhindert wird.

Fig. 212.



Ein wesentlicher Fortschritt wurde dadurch erzielt, dass der obere mechanisch-hydraulische Wasserverschluss nicht durch horizontale, sondern durch vertical herabhängende Klappen oder Schieber, sowie durch Kolbenventile bewirkt wurde.

Namentlich die letzteren, die Kolben- oder Plangerclosets, gehören zu den vollkommensten Spülaborteinrichtungen mit mechanisch-hydraulischem Wasserverschluss. Diese Closets, deren ältester Repräsentant das Jennings-Closet (Fig. 212) ist, besitzen ein mit dem Abortbecken (*a*) communicirendes Standrohr (*b*), in welch letzterem ein unten konisch oder sphärisch gestaltetes Kolbenventil (*c*) den

1) Vgl. Handbuch der Architektur von Durm, Ende u. s. w. III. Thl. 5. Bd. M. Knauff: „Entfernung der Fäcalstoffe aus den Gebäuden." S. 247. Darmstadt 1881.

mechanischen Beckenverschluss bildet. Ueber dem letzteren sammelt sich das Spülwasser bis zum höchsten zulässigen, durch einen Ueberlauf bestimmten Niveau an. Das Kolbenventil (*v*) hat unten eine Umrandung von Gummi und kann mit Hülfe der Griffstange (*g*) gehoben werden. Fig. 212 zeigt den Apparat ausser Gebrauch; das Ventil nimmt seine tiefste Stellung ein und schliesst gegen den Syphon zu ab, so dass im Becken ein hoher Wasserstand erhalten wird. Zieht man nach der Defäcation das Ventil in die Höhe, so stürzt die im Becken angesammelte, mit den Excrementen vermischte Wassermenge mit grosser Schnelligkeit in den Syphon (*s*). Gleichzeitig wird vermittelst eines ringförmigen Schwimmers der Spülhahn geöffnet, und es tritt am oberen Rand des Beckens ein kräftiger Spülstrahl ein. Lässt man die Griffstange (*g*) und damit das Ventil (*v*) sinken, so sammelt sich das einströmende Spülwasser im Becken an, und erst wenn der grösste zulässige Wasserstand erreicht ist, schliesst der Schwimmer den Spülhahn. Wenn einmal der Spülhahn nicht vollkommen abschliesst oder Waschwasser u. dgl. in grösserer Menge in das Becken geschüttet wird, so kann trotzdem das Wasser nur die Oberkante des Kolbenventils (*v*) erreichen, weil das überschüssige Wasser durch den kleinen Bleisyphon (*y*) zum Abfluss gelangt. Damit nun durch diesen kleinen Ueberlaufsyphon keine übelriechenden Gase emporsteigen und in den Closetraum gelangen können, hat JENNINGS an demselben einen Kugelgeruchverschluss (*k*) angebracht. Die Oberkante des geschlossenen Kolbenventils normirt den höchsten zulässigen Wasserstand. Steigt das Wasser höher, so stürzt es in den kleinen Ueberlaufsyphon, hebt die Gummikugel (*k*) empor und fliesst nach dem Syphon (*s*) ab. Ist dies geschehen, dann soll das Gummikugelventil, auch wenn kein Wasser im Syphon bleibt, oder wenn derselbe gebrochen wird oder austrocknet, einen Geruchverschluss bilden.

Da bei diesem Closet von JENNINGS viel Wasser im Becken stehen bleibt, so entleert sich beim Aufziehen des Kolbens das Becken mit grosser Geschwindigkeit und spült den darunter befindlichen Wasserverschluss und die Fallröhren sehr gründlich.

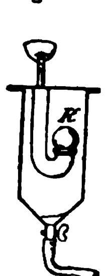
Aber wie alle Closets mit Mechanismus, so hat auch das JENNINGS'sche grosse Mängel.

Die Gummischeiben am Kolben schliessen mit der Zeit nicht mehr dicht, so dass das Wasser aus dem Becken abfliesst; sie müssen deshalb zeitweise gewechselt und — sollen sie gut functioniren — aus der Fabrik selbst bezogen werden. Reparaturen können nur von geübten Arbeitern ausgeführt werden, weil viele Störungen ganz unscheinbare Ursachen haben, die der Sachkundige leicht zu besei-

tigen vermag, während der nicht damit Vertraute lange suchen muss und gewöhnlich noch Fehler dazu macht. Thatsächlich sind die wenigsten Arbeiter bei uns im Stande, ein JENNINGS-Closet zu repariren. Rings um den Kolben sammelt sich leicht Koth und Schmutz an, welcher in Zersetzung übergeht, so dass Fäulnissgase in den Abortraum gelangen. Nun glaubt zwar JENNINGS durch den erwähnten Gummiballgeruchverschluss die Fäulnissgase zu verhindern, in den Closetraum einzudringen. Dieser Zweck wird aber thatsächlich nicht erreicht. Der Gummiballgeruchverschluss, welcher in den Lehrbüchern als sehr sinnreich und zweckmässig gerühmt wird, schliesst, wie leicht nachzuweisen ist, niemals dicht; er lässt im Gegentheil, auch wenn er befeuchtet ist, grosse Gasmengen ungehindert durchtreten.

Kittet man den Ueberlaufsyphon mit Kugelgeruchverschluss in einen unten tubulirten Glascylinder (Fig. 213) ein und lässt man in den mit Hahn versehenen Tubus Leuchtgas eintreten, so kann dasselbe, falls der Kugelgeruchverschluss (*k*) wirklich dicht schliesst, nicht zum Brenner gelangen. Thatsächlich dringt aber das Leuchtgas ungehindert zwischen der Oberfläche der Gummikugel und der Mündung des Bleisyphons hindurch und strömt aus dem Brenner so reichlich aus, dass es, wenn man anzündet, mit grosser leuchtender Flamme brennt, gerade so, als wenn kein Gummiball (*k*) vorhanden ist. Auch wenn man den Gummiball und den Syphon mit Wasser benetzt, ist das Gleiche der Fall.

Fig. 213.



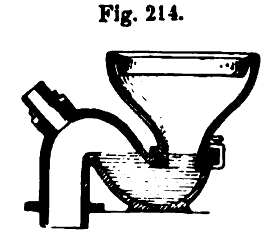
Dieser scheinbar so zweckmässige Kugelgeruchverschluss ist somit nichts weiter als ein Beruhigungsmittel für das Publikum, ein Beruhigungsmittel, welches besonders in England nöthig ist, wo die Kanalgase so sehr gefürchtet sind. Wie öfters der Arzt, „ut aliquid fiat“, ein Recept verschreibt, nur zum Troste des Patienten, so legt Herr JENNINGS, der den sewage gases horror seiner Landsleute kennt, auf den Syphon eine Gummipille — „ut aliquid fiat!“ Diese hübsche, aber nutzlose Spielerei trägt jedoch zur Vertheuerung des Apparates bei.

Die ganze Geschichte der Waterclosets zeigt, dass die wesentlichsten Fortschritte durch die Vereinfachung des Mechanismus und der ganzen Construction erzielt wurden, und heute muss man sagen, dass die einfachsten Closetconstructionen, ohne jeglichen Mechanismus, bei denen das Becken und der einzig vorhandene Wasserverschluss aus einem Stück Porzellan bestehen, die besten, reinlichsten und zuverlässigsten sind.

Vom Pancloset ging man zu den einfacheren Klappen- oder Valveclosets, von diesen zu den Kolbenclosets und schliesslich zu den Washoutclosets über, die, als das Beste auf diesem Gebiete, zuletzt betrachtet werden sollen.

Einfachere Closets ohne Mechanismus sind zwar schon lange unter dem Namen Trichter oder „Hopperclosets" in Gebrauch; aber in Folge der anfangs mangelhaften Construction und der unzweckmässigen und oft auch ungenügenden Spülung konnten diese einfachen „Hopperclosets" die complicirten Pan- und Valveclosets nicht verdrängen, obgleich sie viel einfacher, besser und zuverlässiger sind als diese. Bei den Hopperclosets (Fig. 214 und 216) besteht das Becken aus einem Trichter aus Gusseisen oder Fayence. Der Geruchverschluss wird durch einen einfachen Syphon gebildet und ist somit ein rein hydraulischer. Der Syphon hat 100 Mm. Durchmesser und ist aus Gusseisen oder Blei gefertigt. Das Ventil des Spülreservoirs wird durch das Emporziehen eines Griffes, der am Ende eines Hebels befestigt ist, geöffnet, da das andere Ende des Hebels mit einer Kette verbunden ist, die an einem zweiten Hebel hängt, welcher mit dem Ventil des Spülreservoirs verbunden ist. Das Wasser tritt am oberen Ende des Trichters ein und berieselt dessen ganze Fläche.

Fig. 214.



Die Hopperclosets älterer Construction wurden in Folge ungeeigneter Form des Trichters an dessen Innenflächen leicht mit Excrementen beschmutzt, und auch bei vielen neueren Modellen bleiben Fäcesreste und Papierstücke oft recht hartnäckig im Trichter liegen und bedingen einen höchst unästhetischen Anblick.

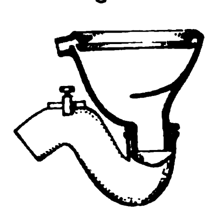
Die Hopperclosets haben eben nicht den Vortheil der Pan- und Klappenclosets, dass die Excremente ins Wasser fallen. Die Innenfläche der Trichter sollte deshalb vor dem Gebrauch immer nass gemacht werden. Auch lässt sich dem erwähnten Uebelstand dadurch abhelfen, dass man die hintere Fläche des Trichters vertical macht oder eine sogenannte Zungenschüssel (Fig. 215) anwendet.

Die Zungenschüssel, wie sie gegenwärtig im Gebrauch ist, hat an der unteren Fläche der Zunge eine Nische, in der sich Schmutz und Excremente ansammeln können. Dies ist ihr einziger Nachtheil, welcher aber leicht dadurch beseitigt werden könnte, dass man die Zunge massiv macht, so dass die Nische wegfällt. Die massive Zunge kann auch nicht durch in das Closet fallende schwere Gegenstände ab-

gebrochen werden, was bei der hohlen Zunge bekanntlich sehr leicht geschieht.[1])

Die Innenflächen des Trichters sollten sehr glatt sein. Fayence ist deshalb dem emaillirten Eisen vorzuziehen, zumal auch das Emaille leicht abspringt. Damit möglichst wenig Oberfläche vorhanden ist, sollte der Trichter kurz sein, was dadurch erzielt wird, dass der Syphon (wie in Fig. 214) über dem Boden liegt, oder aber die Rückfläche des Trichters muss vertical sein, wie bei HELLER's langem Artisan. Da in das Closet mitunter auch grössere Gegenstände (Bürsten u. dgl.) aus Unachtsamkeit hineinfallen oder böswillig hineingeworfen werden, so ist es zweckmässig, den Trichter so zu construiren, dass derselbe bei Einmündung in den Syphon etwas enger wird als letzterer, so dass Alles, was durch den Trichter geht, auch den Syphon passiren kann, während grössere Gegenstände, welche den letzteren verstopfen müssten, schon in dem engeren Theil des Trichters stecken bleiben und entfernt werden können. Das in diesem Sinne construirte Side Arm Hoppercloset eignet sich in Verbindung mit FLEISCHMANN's Injecteur-Spülapparat (München), bei welchem der seitwärts in den Trichter geführte Hochdruckwasserstrahl das Wasser immer in kreisender Bewegung erhält, namentlich für stark besuchte Aborte (in Restaurationen u. s. w.). Der Injecteur-Spülapparat kann direct ohne Einschaltung eines Reservoirs an die Wasserleitung angeschlossen werden. Derselbe vermeidet die sonstigen Gefahren des directen Anschlusses vollkommen und bewirkt eine sehr kräftige Spülung, da ein 6—10 Mm. starker Wasserwulst so lange im Trichter herumgeschleudert wird, als der Spülapparat geöffnet ist; schliesst sich derselbe, so fällt das Wasser in spiraler Drehung nach abwärts, füllt schliesslich den unten verengten Trichter vollständig aus und spült die bereits unten lagernden Fäcalien durch den Syphon ab.

Fig. 215.



Die anscheinend grössere Reinlichkeit der Panclosets gegenüber dem Hopper ist, wie GERHARD mit Recht bemerkt, nur Täuschung.

Die Seiten des Trichters werden nur dann beschmutzt, wenn die Art oder die Quantität der Spülung ungenügend ist. Aber dieser Mangel ist immer sichtbar, er zeigt sich der Person, welche das Closet benützt oder zu beaufsichtigen hat, und der hängenbleibende Schmutz kann durch Bürsten leicht entfernt werden. Anders ist es

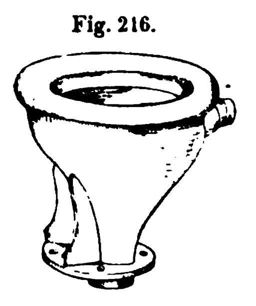
[1]) Auf meine Anregung hin wird die Zunge neuerdings von einigen Fabrikanten massiv hergestellt. (EMMERICH.)

beim Pancloset, bei dem der Schmutz in den unzugänglichen Theilen des Pfannentopfes nicht sichtbar ist und die deshalb erst gereinigt werden, wenn ein Leck vorkommt oder der Gestank die Hausbewohner zwingt, zum Installateur zu schicken.

Das Wichtigste beim Hopper ist die Spülung; es sollte immer ein grosses Spülreservoir mit weiter Spülröhre und eine gute Spülrinne vorhanden sein. Zu den besten Hoppers gehören HELLER's kurzer und langer Artisan, Hopper und MEYER's Niagara Hopper, der mit einem hölzernen Sitzring versehen ist (Fig. 216).

Alle Hopper sind einfach und billig, nirgends ist ein Raum für schlechte Luft vorhanden und der geschlossene Sitz mit seinen gleich zu erwähnenden Nachtheilen kann (wie bei Fig. 216) vermieden werden.

Fig. 216.

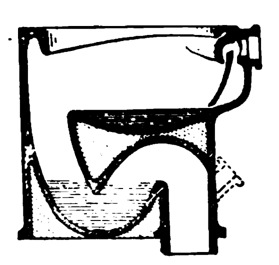


Den ersten Rang unter sämmtlichen Closetconstructionen nehmen entschieden die Washoutclosets ein, da sie die hygienischen Anforderungen am besten erfüllen und auch in Bezug auf Einfachheit und Eleganz nichts zu wünschen übrig lassen. Die Washoutclosets (Fig. 217 und 218) erscheinen unter verschiedenen Namen: „Unitas", „National", „Combination", „Tornado" u. s. w. im Handel; aber alle diese Closetformen sind im Princip die gleichen und nur durch unwesentliche Modificationen unterschieden. Sie bestehen aus einem Stück Porzellan, haben keinerlei bewegliche Theile und sind ganz ohne Mechanismus. Die Excremente fallen, ohne dass sie die Wände beschmutzen können, auf einen Teller, der nur mit einer dünnen 35 Mm. hohen Wasserschichte bedeckt ist (Fig. 217), wodurch das unangenehme und unästhetische Spritzen, in welchem manche Bacteriologen sogar eine grosse Infectionsgefahr erblicken, verhütet wird. Man sollte alle Closets verurtheilen oder vermeiden, bei denen dieses widerliche Spritzen vorkommt, durch welches die Haut des Gesässes mit Urin und Kothbrühe beschmutzt wird. Alle Klappen- und Kolbenclosets, namentlich auch das JENNINGS'sche haben diesen Uebelstand, der sich durchaus nicht immer dadurch vermeiden lässt, dass man ein Stück Papier auf das Wasser legt. Die Washout-, Unitas-, Tornado-Closets und wie sie alle heissen, haben weiterhin vor allen anderen Closets den grossen Vortheil voraus, dass dieser mit wenig Wasser gefüllte Teller, auf den die Excremente fallen, die wiederholte Benutzung des Closets ohne Spülung unmöglich macht. Zum mindesten ist der zweite oder dritte, der das Closet benützen will, gezwungen, vorher zu spülen,

weil sich die Excremente auf dem Teller so anhäufen, dass er sich geradezu in dieselben hineinsetzen müsste, wenn er die Spülung unterlassen wollte. Auch der unreinlichste Mensch wird es vermeiden, mit den Excrementen in directen Contact zu kommen. Durch dieses einfache Mittel wird also die regelmässige Spülung erzwungen, und dadurch allein kann die ungestörte Functionirung des Closets garantirt werden. Allein schon wegen dieser Einrichtung gehört den Washoutclosets die Zukunft.

Vor dem Teller ist der Anfang des Entleerungsrohres (Fig. 217), welches in den Syphon übergeht, der direct unter dem Becken liegt und einen Wasserstand von etwa 6 Cm. hat. Am Anfang des absteigenden Schenkels des Syphons ist eine Oeffnung, die in Deutschland zur Revision dient und mit einer Gummikappe verschlossen wird, während man in England ein Ventilationsrohr an derselben anbringt, welches ins Freie führt und zugleich verhütet, dass der Syphon durch zu kräftige Spülung u. dgl. gebrochen wird.

Fig. 217.



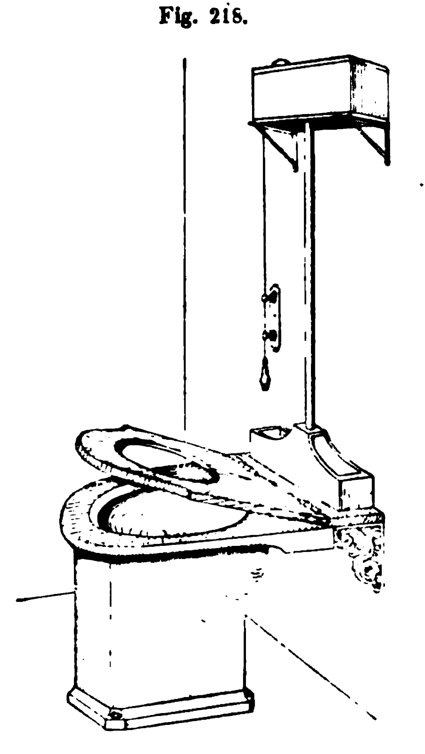
Die Spülung ist eine sehr kräftige und lässt absolut nichts im Becken zurück, weil die Hauptmenge des Spülwassers mit grosser Gewalt direct gegenüber dem Ausflussrohr ins Becken stürzt, während der ganze Beckenrand von einem rinnenförmigen, durchlöcherten Wulst umgeben ist, von dem aus die ganze Beckenwand berieselt und von etwa angespritztem Schmutz gereinigt wird. An der hinteren Beckenwand, resp. an der Einmündungsstelle des Spülrohrs befindet sich ein Wassersack (siehe Fig. 217), der nur durch einige kleine Oeffnungen in das Becken Ausfluss hat; derselbe ist nach vollendeter Spülung mit Wasser gefüllt, welches nur langsam ausläuft und eine Nachspülung bewirkt, resp. den Teller mit klarem Wasser füllt. Bei einigen Arten von Washout ist noch ein eigener Wasserstrahl in den Syphon dirigirt, welcher an der tiefsten Stelle desselben eintritt und durch die Gewalt des Strahles alle festen Theile fortschwemmt.

Ein ganz besonderer Vorzug der Washoutclosets besteht darin, dass dieselben keinen geschlossenen Sitz haben.

Das aus polirtem Mahagoni- oder Eichenholz bestehende, mit Charnier versehene Sitzbrett, welches vermittelst dreier Gummikugeln auf dem ovalen Beckenrand aufliegt, kann leicht aufgeschlagen und das Closet auf diese Weise in ein Pissoir verwandelt werden (siehe Fig. 218).

In Kasernen und anderen öffentlichen Anstalten sollte der Sitz zwar auch beweglich, aber so construirt sein, dass derselbe auf-, resp. zurückgeschlagen ist, was sich leicht durch zwei Bleigewichte bewerkstelligen lässt, die an zwei in Form einer Gabeldeichsel an der Hinterseite des Sitzes angebrachten Stangen hängen. Will man das Closet zur Defäcation benützen, so muss man den Sitz erst herunterlassen, und er legt sich dann vermittelst dreier Gummibolzen, die an der Unterseite des Sitzbrettes angebracht sind, auf den Rand des Beckens auf. Erhebt sich die Person vom Sitz, so klappt er automatisch auf. Ein stets aufliegender Sitz hat in Massenquartieren, Spitälern u. s. w. den Nachtheil, dass er beim Uriniren und namentlich beim Ausleeren von Waschwasser u. dgl. leicht begossen und beschmutzt wird, weil die Leute aus Bequemlichkeit oder in der Eile unterlassen, ihn aufzuschlagen.

Fig. 218.



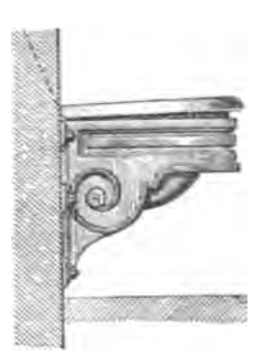
Bei allen Closetconstructionen mit Mechanismus (also beim Plancloset, Klappencloset, Jenningscloset u. s. w.) wird, um den Mechanismus zu verdecken und vor muthwilliger oder böswilliger Zerstörungssucht zu schützen, ein geschlossener Sitz angewendet. Dabei muss nun zwischen der Oberkante des Porzellanbeckens und der Unterkante des Sitzbrettes ein Zwischenraum von ca. 1 Ccm. bleiben, weil, wenn das Sitzbrett dicht aufliegen würde, das Becken leicht durch Druck springen könnte. Durch diesen Zwischenraum läuft unvermeidlich ab und zu Urin hindurch und dann am Closet herab, sammelt sich am Boden des Sitzkastens an, und man wird erst darauf aufmerksam, wenn er in ammoniakalische Zersetzung übergeht, d. h. zu stinken anfängt, oder wenn er bei geneigtem Fussboden vorn herausläuft. So oft dies vorkommt, muss der Sitz heruntergenommen werden, damit man das Stirnbrett entfernen und das Becken u. s. w. reinigen kann. Da dies sehr umständlich ist, so wird

die Reinigung des Sitzinnenraumes nur in grösseren Zeitabschnitten vorgenommen, und in Folge dessen stinkt es in solchen Closeträumen immer.

Das ist ein Umstand, der bei der Wahl des Closets ganz besonders zu beachten ist; denn auf diese Weise können die Wasserclosets nicht blos zu einer Ursache von Gestank, sondern auch von Infectionen werden, und ihr ganzer Zweck wird dadurch illusorisch.

Muss aber das Closet aus irgend welchen Gründen, etwa um Verletzungen durch Stösse u. dgl. zu verhüten, was namentlich in Gebäuden, in denen viele Menschen verkehren, nothwendig sein kann, verkleidet werden, dann empfiehlt es sich, eine Construction anzuwenden, wie sie GROVE's Consolcloset (Fig. 219) besitzt, welches für den neuen Centralbahnhof in Frankfurt a. M. neu construirt wurde und daselbst in grosser Zahl aufgestellt worden ist.

Fig. 219.



Das Fayencebecken dieses Closets befindet sich innerhalb einer gusseisernen, profilirten und bronzirten Verkleidung, welche an der Wand angeschraubt wird. Der Wasserverschluss des Beckens liegt hinter der Consolverkleidung in der Wand, so dass das Closet in den Closetraum frei hineinragt. Auf diese Weise ist eine Ansammlung von Schmutz und Feuchtigkeit im Closetraume (wie dies bei Closets, welche auf dem Fussboden ruhen und mit Sitz- und Stirnbrett verkleidet sind, gewöhnlich vorkommt) ebenfalls ausgeschlossen. Die Spülung dieses Closets ist selbstthätig und erfolgt vermittelst entsprechender Hahnconstruction unmittelbar nach Verlassen des Sitzes unter Verwendung eines bemessenen Wasserquantums. Immerhin liegt bei vorkommenden Reparaturen auch bei diesem Closet die Gefahr vor, dass schlechte Arbeit und ihre schlimmen Folgen durch die Verkleidung verdeckt werden und längere Zeit unbeachtet bleiben.

Liegt dagegen das Closet frei wie beim Washout (Fig. 218), so wird von vornherein die Arbeit vom Mechaniker mit mehr Sorgfalt ausgeführt; denn der geschlossene Sitz ist ein bequemes Mittel, nachlässige Arbeit zu verdecken. Da weiterhin die Aussenflächen der Washoutclosets aus glattem Porzellan bestehen und überall zugänglich sind, so können sie leicht täglich oder mehrmals in der Woche abgewaschen werden. Das Closet hat ebenso sehr Schwamm und Seife nöthig, wie die Personen, die es benützen.

Wird dann noch durch geeignete, um eine horizontale Axe drehbare und daher leicht durch Ziehen an einer Leine zu öffnende Fenster dafür gesorgt, dass Licht und Luft zum Closetraum reichlich Zutritt haben und ihre wohlthätigen Wirkungen entfalten können, und werden Fussboden und Wände bis über Mannshöhe mit abwaschbaren Kachelfliessen oder anderen nicht porösen Platten[1]) ausgelegt, dann wird man mit Hülfe der Washoutclosets Aborträume erhalten, die so geruchlos und sauber sind, wie die Zimmer der Wohnung. Ja, die Luft im Abortraum wird die reinste im ganzen Hause sein, jedenfalls reiner, als die der nicht ventilirten Schlaf- und Wohnzimmer. Ein solcher Closetraum wird dem Auge keinen unangenehmen und störenden Anblick mehr bieten, man wird diese Closeträume, welche die Eleganz und Reinlichkeit der Wohnung wiederspiegeln, an diejenigen Stellen des Hauses verlegen können, an denen sie sich der Bequemlichkeit halber befinden müssen.

ELFTES CAPITEL.

Abortlüftung.[2])

1. Die verschiedenen Systeme der Abortlüftung.

Die vollkommenste Abortlüftung lässt sich namentlich auch bei Wasserclosets, Erd-, Moos-, Streuaborten u. s. w. erzielen, wenn nicht das Fallrohr, sondern ein besonderes Abzugsrohr hierzu benützt wird.

Es gibt aber auch unvollkommene Einrichtungen dieser Art, die, weil sie immer wieder in den Handbüchern empfohlen werden, hier zunächst Erwähnung finden sollen, bevor die vollkommen und sicher wirkenden Constructionen beschrieben werden.

In diese Kategorie unvollkommener Lüftungsanlagen gehört das System GILL.[3]) Die Ausscheidungen gelangen aus den Closetbecken

---

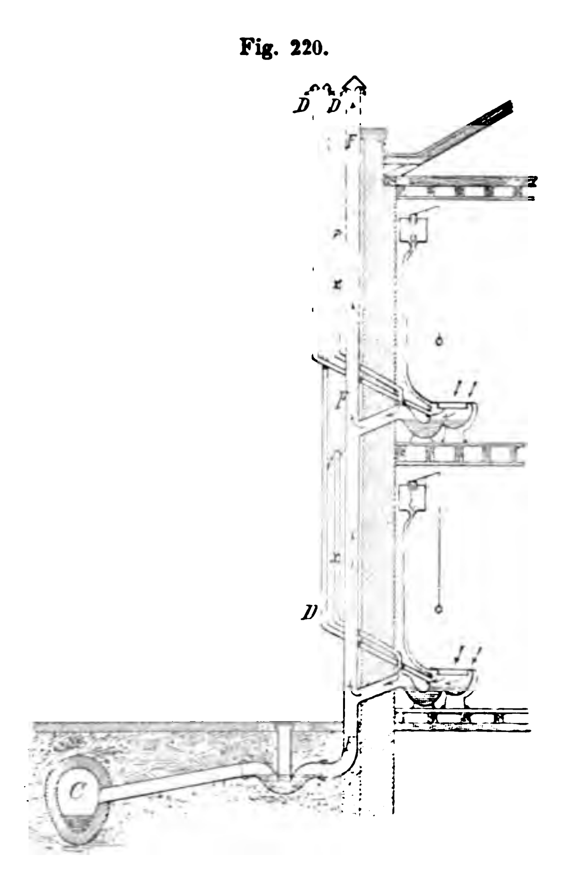
1) Marmor ist nicht zu empfehlen, da derselbe, wie die Erfahrung zeigt, genügend porös ist, um Urin u. s. w. aufzunehmen und durch dessen Zersetzung eine ständige Ursache von Gestank zu werden. Der oft unerklärliche Geruch in scheinbar sehr reinlichen Closeträumen und Pissoirs ist sehr gewöhnlich durch die Anwendung von Marmor oder anderen porösen Steinplatten (wie z. B. Solling-Platten) als Fussbodenbelag bedingt.

2) Bei Abfassung dieses und des folgenden Abschnittes hat sich Verfasser der Unterstützung des Herrn Ingenieurs HERMANN RECKNAGEL zu erfreuen gehabt.

3) Vgl. E. SCHMITT, „Aborte und Pissoirs“. Handb. d. Architekt. III. Thl. Bd. 5. S. 351.

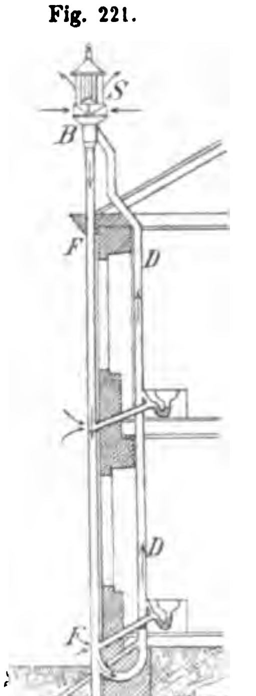
durch den Syphon in das Fallrohr F und von diesem in den Strassencanal C; das Fallrohr ist nach aufwärts über Dach fortgesetzt. Um dem Fallrohr frische Luft zuzuführen, namentlich aber um ein Brechen der Wasserverschlüsse zu verhüten, sind Luftrohre x, die wesentlich niedriger als das Fallrohr sind, angeordnet, in welche die Aussenluft eintreten und den durch die Pfeile angedeuteten Weg nehmen soll. Die Wasserverschlüsse können übrigens nicht brechen, wenn das Fallrohr oben offen ist, und die Zufuhrcanäle x sind daher für diesen Zweck unnöthig. Zur Lüftung der Aborträume sind oberhalb des Wasserverschlusses abgehende und hochgeführte Dunstrohre D vorhanden. Jeder der übereinanderliegenden Aborte hat seine eigene, von den anderen getrennte Lüftungseinrichtung. Die Anbringung des in der Figur 220 gezeichneten Syphons zwischen Strassencanal und Fallrohr ist in England allgemein üblich, in München aber nicht gestattet, weil die über Dach frei mündenden Fallrohre zugleich zur Ventilation der Canäle dienen. Dieser Einrichtung ist die Reinheit der Münchener Canalluft zu verdanken. Die Gill'sche Anlage wäre noch annehmbar, wenn die Luft immer den durch die Pfeile angedeuteten Weg nehmen würde, was aber keineswegs der Fall ist. Wenn sich, wie es häufig vorkommt, neben dem Abortcabinet ein geheizter Raum, z. B. eine Küche befindet, oder der Abort selbst geheizt ist, dann wird sehr oft die Luft aus dem Dunstrohr D durch das Abortbecken in das

Fig. 220.



Cabinet und von da in die Küche ziehen, welcher dann auch die bei der Defäcation entstehenden Gase zugeführt werden. Die sämmtlichen Abzüge dürften auch nicht, wie dies in Fig. 220 gezeichnet ist, ins Freie verlegt werden, weil sie sonst die geringe Triebkraft (grössere Wärme) bald einbüssen. Ausserdem sitzen in der Fig. 220 die Rohrkappen so nahe auf den Röhren, dass bei dieser Anordnung nur eine äusserst geringe Luftmenge heraus- oder hineingelangen kann. Das System wird offenbar nur deshalb immer wieder ausgeführt, weil die Belästigung, die es erzeugt, eine geringe ist, so dass man nicht leicht darauf aufmerksam wird.[1])

Fig. 221.



Der Hauptfehler dieses Systems ist, dass kein Motor vorhanden ist, welcher für die constante Aufwärtsbewegung der Luft in den Dunstrohren D Garantie bietet.

Man hat deshalb versucht, einen Motor zu schaffen, dessen Betrieb nichts kostet, indem man auf das Dunst-, respective Fallrohr einen Luftsauger und Blaskopf aufsetzte, durch welche die Kraft des Windes zum Absaugen und Einblasen von Luft verwerthet werden sollte. Schon in dem Kapitel „Ventilation des Daches“ wurde erwähnt, dass an den meisten Tagen des Jahres die Wirkung dieser Saug- und Blasköpfe gleich Null, mitunter sogar eine negative ist, und dies wird in der Abtheilung „Lüftung des Wohnhauses“ noch eingehender zahlenmässig begründet werden.

Man kann nämlich, wenn man an verschiedenen Tagen öftere Messungen mit dem Anemometer ausführt, beobachten, dass die Luftgeschwindigkeit im Dunstrohr bei aufgesetztem Windsauger (Wolpert-Sauger) geringer ist, als ohne denselben, was sich leicht aus der Thatsache erklärt, dass diese Apparate eine oft beträchtliche Verengerung des Rohrquerschnittes bedingen.

Erwähnenswerth in dieser Beziehung ist die Closet-Lüftungseinrichtung von BOYLE & SONS in Glasgow (Fig. 221), welcher durch eine in grossem Maassstab betriebene Reclame und durch die kritik-

1) Vgl. E. SCHMITT: „Aborte und Pissoirs“. Handb. d. Architekt. III. Thl. Bd. 5. S. 351.

lose Empfehlung deutscher, namentlich bautechnischer Fachzeitschriften auch bei uns Eingang und Verbreitung geschafft wurde.

Auf das nach dem Hauscanal führende Fallrohr *F* ist ein Blaskopf *B*, auf das Dunstrohr *D* ein Saugkopf *S* aufgesetzt. Die Luftströmung soll in der durch die Pfeile angedeuteten Weise vor sich gehen, was natürlich häufig nicht der Fall ist.[1])

Der Uebergang vom Fallrohr in das Dunstrohr (Fig. 221 unten bei *F*) dürfte natürlich nicht im Bogen, also syphonartig, wie in Fig. 221 ausgeführt werden, weil er sich sonst mit Wasser füllen würde; derselbe müsste Gefälle nach dem unteren Ende des Fallrohres hin erhalten.

Eine zuverlässige Abortlüftung ist nur mit Hülfe eines Motors zu erzielen, welcher in bestimmter Zeit eine bestimmte Menge Luft fördert auf dem beabsichtigten Wege, wofür der Nachweis zu erbringen ist. Heutzutage sollte Niemand ein Lüftungssystem in den Aborten seines Hauses anwenden, für welches dieser Nachweis nicht erbracht ist.

Schon im Jahre 1873 hat A. Wolpert hervorgehoben, dass bei einem Abort, welcher vollkommen geruchlos sein soll, nicht allein die Gase, welche von den durch die Fallröhre hinabgefallenen und zum Theil noch in dieser hängenden Excrementen ausgehen, aus dem Abtritt ferngehalten, sondern auch die unmittelbar bei der Benutzung des Aborts erzeugten Gase sogleich abgeführt werden müssen, ohne sich erst im Abtrittraume auszubreiten.

Wassercloset und Erdcloset, luftdicht schliessende Deckel und Falltrichter mit Klappen u. s. w. können keineswegs die Verbreitung der während der Benutzung des Abortes sich entwickelnden, übelriechenden Gase im Cabinet verhindern und ebenso wenig nach Schliessung des Deckels zur Reinigung der Abtrittluft beitragen. Daraus erklärt es sich, warum sehr stark benutzte Aborte, z. B. in Gasthäusern, selbst mit vortrefflich eingerichteten und in untadelhaftem Zustande gehaltenen Wasserclosets oft nicht nur selbst von übelriechender Luft angefüllt sind, sondern sogar schon in den Gängen u. s. w. ihre Nähe bemerklich machen. Die Einrichtungen, welche eine vollständige Abführung aller während und nach der Defäcation sich entwickelnden, riechenden Gase und damit vollkommene Geruchlosigkeit der Aborte garantiren, sind einigermaassen verschieden, je nachdem es sich um Watercloset oder gewöhnliche Aborte mit Gruben oder anderen Fäcalbehältern handelt.

---

1) Nach E. Schmitt l. c. S. 352.

Eine schon seit längerer Zeit bei den gewöhnlichen Aborten mehrfach zur Ausführung gelangte Einrichtung besteht darin, dass man mit Beibehaltung dieser Abtrittconstruction die Fallröhre unterhalb des untersten Abtrittes eines Hauses mittelst eines gemauerten Canals oder einer Röhre von Thon oder verzinktem Eisenblech und dgl. mit einem warmen Schornstein, am einfachsten und meistens am besten mit einem Küchenschornstein in Communication bringt. In der Regel lässt sich diese Verbindungsröhre gut unter der Kellerdecke anbringen. Diese einfache Construction ist durch die folgenden, zum grössten Theil unbegründeten Einwendungen in Misscredit gekommen, und sie wird deshalb viel seltener ausgeführt, als sie es verdient. Man hat nämlich gesagt, die Ventilation sei nicht genügend und gehe nicht regelmässig von statten, weil die Temperaturdifferenz, worauf dieselbe beruht, sehr veränderlich ist; ferner, der Zug des Schornsteins werde zu sehr geschwächt, wenn man die kalte Luft von der Grube und den Abtritten in den Schornstein führe, das Küchenfeuer brenne dann schlecht; endlich, die übelriechende Luft werde durch ungünstige Windstösse in die Abtritte zurück- und durch die nicht benützten Feuerungsanlagen sogar in die Küchen u. s. w. getrieben. Solche Uebelstände können aber nur dann auftreten, wenn die Anlage fehlerhaft ist. Die Ventilation ist ungenügend, wenn die Verbindung zwischen der Grube und dem Schornstein nicht den nothwendigen Querschnitt hat. Ferner entstehen Unregelmässigkeiten und Störungen, wenn der Schornstein nicht die genügende Weite hat, die Grube nicht gut gegen die äussere Luft geschlossen ist. Den Einfluss des schlechten Schlusses von Grubendeckeln kann man durch Eintauchenlassen des Fallrohres in den Grubeninhalt vermeiden. Endlich können Rückstauungen im Schornstein verursacht werden, wenn derselbe oben nicht gegen verticale und geneigte Windstösse geschützt, oder durch zu geringe Höhe localen Ueberdrücken ausgesetzt ist, welche entstehen, wenn sich der Wind an nahegelegenen, höheren Bauten staut. Dies ist eine sehr verbreitete Ursache des schlechten Zuges, resp. von Zugstörungen im Schornstein. Unter Annahme sehr ungünstiger Verhältnisse berechnet sich ein Durchmesser der Dunströhre von 0,15 M. für zwei Aborte eines vierstöckigen Hauses und ein Durchmesser von 0,21 M. für vier Aborte. Wenn man voraussetzen kann, dass Abtrittdeckel und Feuerthürchen nicht unnöthig offen gelassen werden, also nicht unnöthiger Weise kalte Luft durch das Ventilationssystem fliesst, genügt eine Fallröhre und ein Dunstrohr von 0,20 M. Durchmesser für acht Aborte eines vierstöckigen Wohnhauses. Der Querschnitt des Schornsteins soll wenigstens so

gross sein, wie die Summe der Querschnitte sämmtlicher Rauch- und Luftabzüge, welche er aufnimmt. Ein dichter Schluss der Grube, welcher die Grundbedingung der guten Function ist, lässt sich leicht erzielen und bei der Entleerung der Grube erhalten durch Anbringung eines separaten gusseisernen Entlehrungsrohres mit Schraubenanschluss für die Schläuche der Pumpmaschinen. Durch diese sehr empfehlenswerthe Einrichtung (Anbringung eines besonderen Entleerungsrohres) wird der Gestank, welcher sonst bei Entleerung der Grube das ganze Haus verpestet, sicher verhütet.

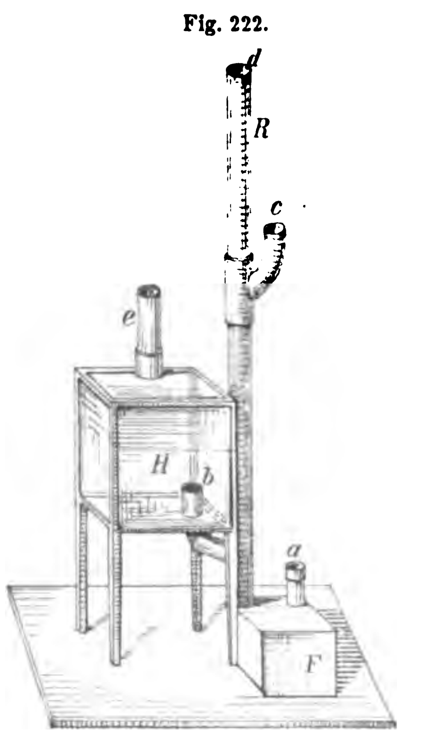
v. PETTENKOFER hat gezeigt, dass es selbst bei vierstöckigen Häusern genügt, eine Gas- oder Petroleumflamme in dem obersten Aborte und zwar im Fallrohr selbst anzubringen, um einen beständigen Luftzug durch die Brillenöffnungen und über Dach zu erzielen. Das von ihm angewendete einfache System besteht darin, dass die Fallröhre vom Erdgeschoss durch das ganze Haus bis über das Dach geführt wird. An der Seite derselben sind in jedem der vier Stockwerke zwei Sitze angebracht, die in die Röhre münden. In dem obersten Abort wird, wie gesagt, eine Gasflamme und zwar in der Röhre selbst angebracht. Diese bewirkt, dass die äussere Luft von allen Seiten, also auch durch die Abtrittsitze in sämmtlichen Stockwerken, sich nach der Röhre zu drängt. Im Abortraum tritt in Folge dessen niemals Geruch auf, und die Gasflamme, welche sich hinter einer Glasscheibe befindet, dient zugleich zur Beleuchtung der obersten Abortzelle. Die Kosten betragen nur ca. 60 Mk. jährlich. Diese Einrichtung hat sich in vielen Häusern Münchens aufs beste bewährt. Die Einströmung ist natürlich im obersten Stocke am stärksten, da sich die Widerstände nach den unteren Stockwerken zu vermehren. Dieser kleine Nachtheil des Systems, welcher in der ungleichen Stärke der Einströmung in den verschiedenen Stockwerken besteht, ist bei Häusern mit wenig Stockwerken praktisch ohne Bedeutung.

v. PETTENKOFER pflegt in seinen Vorlesungen die Function dieser und der gewöhnlichen Aborteinrichtungen an dem folgenden, sehr instructiven Modell zu demonstriren:

Das Modell (Fig. 222) besteht aus einer blechernen Grube *F*, die entweder als gemauerte Grube (fosse fixe) oder als bewegliches Fass (fosse mobile) angesehen werden kann, je nachdem sie mit der Abtrittröhre in festem Zusammenhange bleibt oder davon getrennt werden kann. *R* bezeichnet die Abtrittröhre, die in ihrer Verlängerung durch das Dach ins Freie mündet, in den meisten Häusern aber in dem obersten Abtritt ihren Abschluss hat. *H* stellt einen Abtritt dar, der hier mit Glaswänden versehen ist und aus dem ein Nebenrohr *b*

in das Hauptrohr *R* führt. Um die Emanationen der Abtrittgrube anschaulich zu machen, wird eine mit Benzoë-Harz getränkte Lunte angezündet und in die Grube *F* gelegt, die verschlossen wird. Der sich hier entwickelnde Rauch entsteigt nun, wenn die Hauptröhre bei *d* geschlossen wird, aus den Mündungen *b* und *c* der Nebenröhren. Dieses Aufsteigen der Dämpfe wird um Vieles lebhafter, sobald man die Grube bei *a* öffnet. Hieraus ist zu ersehen, dass schlecht verschlossene Gruben die Emanationen fördern, und es von grossem Werthe ist, die Grube gut nach aussen verschlossen zu halten. Es besteht immer noch das Vorurtheil, dass es besser sei, die Grube nicht so fest zu verchliessen, weil sie dann mehr ins Freie ausdünste. Allein wie das Experiment zeigt, entweichen die Dämpfe in diesem Falle nicht durch *a*, sondern durch die Röhren *b* und *c* in das Haus.

Fig. 222.



Wenn wir nun dieses Verhältniss, welches früher in München allgemein war, nämlich dass der oberste Abtritt des Hauses zugleich den Abschluss der Hauptröhre bildet, beseitigen und das Rohr *R* über das Dach hinaus fortsetzen, hier also den Deckel bei *d* entfernen, so vermindert sich die Ausströmung des Rauches bei *b* und *c* ganz beträchtlich, weil derselbe grösstentheils durch die Hauptröhre bei *d* entweicht.

Man hat also in München dadurch einen bedeutenden Fortschritt gemacht, dass man die Abtrittröhren über das Dach ins Freie münden lässt. Wie der Versuch zeigt, ist dies von Vortheil, sowohl wenn die Grube gut, als auch wenn sie schlecht verschlossen ist. Um die Störungen, welche der unvollkommene Verschluss der Grube bedingen kann, zu verhüten, lässt man, wie schon erwähnt, das Fallrohr in den Grubeninhalt eintauchen.

So einfach aber, wie bei diesem Apparate, sind die Verhältnisse äusserst selten. Insbesondere übt die Verschiedenheit der Temperatur einen bedeutenden Einfluss auf die Richtung der Dunstströmungen aus

Wenn man in das Abtrittcabinet *H* des Modelles eine ganz kleine Wärmequelle, z. B. ein Spirituslämpchen bringt, bemerkt man sofort, dass der Dampf sich viel lebhafter als vorher nach diesem Raume hinzieht. Aehnlich verhält es sich, wenn in einer Wohnung die Küche sich in der Nähe des Abtrittes befindet und diese geheizt wird oder der Abort selbst, wie es bei den Centralheizungen allgemein üblich ist. Wird nun gar der Verschluss bei *a* an der Abtrittgrube *F* entfernt, so qualmt der Dunst förmlich nach dem erwärmten Raume *H*.

Wird die glimmende Lunte in die Oeffnung *c* gehalten, so wird der Rauch abwärts durch *R* gezogen und entströmt durch *b* in das erwärmte Cabinet. Wenn also in einem unteren Stockwerke die in der Nähe des Abtrittes befindliche Küche geheizt ist, oben aber kältere Temperatur herrscht, so wird die verdorbene Luft aus dem oberen Stockwerk in das untere gezogen. Ja sogar, wenn an der Mündung *d* des Hauptrohres die Lunte angebracht wird, bewegt sich der Rauch in *R* abwärts und nimmt seinen Weg durch *b*. Es ist dabei nicht einmal nothwendig, dass der Raum *H* durch ein Flämmchen erwärmt wird. Die nach Entfernung des letzteren zurückbleibende Wärme bewirkt noch für eine Zeit lang, dass der Rauch aus der Grube bei *b* lebhafter aufsteigt, als an den anderen Stellen.

An dem Modelle lässt sich auch nachweisen, was der schlechte Verschluss an einem fosse fixe ausmacht.

Wenn an dem Modelle die Grube vom Rohre getrennt wird, so steigt der Dampf aus ersterer ebenso lebhaft durch alle Räume, als wenn der Verschluss *a* der Grube geöffnet wird.

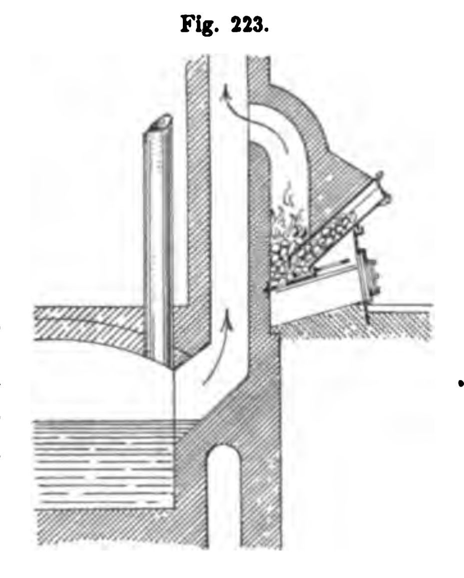
G. RECKNAGEL empfiehlt, die Abortventilation so einzurichten, dass die abzuführende Abortluft durch die Brillenöffnung in das Abortbecken, von diesem durch das Fallrohr in die Grube zieht, von wo sie mit den Grubengasen durch einen besonderen Lüftungsschlot (vermittelst einer Wärmequelle oder eines Wasserturbinen-Ventilators) abgesaugt wird. Auch hier ist der dichte Schluss von Grube und Fallrohr, das oben geschlossen sein soll und nicht über Dach gehen darf, nothwendig; selbstverständlich darf das Fallrohr nicht in den Grubeninhalt eintauchen. Auf diese Weise, d. h. wenn bei geöffnetem Abortsitz ein von oben nach unten gerichteter Luftstrom durch das Abortrohr geht, wird mit Sicherheit jede Belästigung der Wohnung durch Abortgerüche verhütet, und die zur Lüftung verwendete Wärmequelle wird auf diese Weise, durch die ermöglichte tiefe Lage, am besten ausgenützt.

Die Methode hat denselben kleinen Nachtheil wie die v. PETTENKOFER'sche. In die unterste Abortöffnung strömt die Luft am

stärksten hinein. Die Anwendung dieses Systems ist daher bei Gebäuden mit wenig Etagen zu empfehlen, weil alsdann der Unterschied der Einströmung praktisch ohne Bedeutung ist.

Bei Gebäuden, in denen sich viele Menschen aufhalten (Pfründtneranstalten, Schulen u. s. w.), kann die Lüftung sämmtlicher, entsprechend centralisirter Aborte durch einen kleinen Füllofen (nach Fig. 223), wie er vom Eisenwerk Kaiserslautern geliefert wird, bewirkt werden. Derselbe erfordert wenig Aufsicht und Bedienung, da das in einem besonderen Schacht aufgespeicherte Brennmaterial, in diesem selbstthätig hinabrutschend, stets in bestimmter Höhe im Feuerraum erhalten wird. Durch zwei in den Ecken des Füllschachtes angebrachte dreieckige Luftzuführungscanäle wird eine beliebige grössere oder geringere Luftzuführung zum Roste und dadurch eine dem vorliegenden Zweck entsprechende, bestimmte Wärmeproduction erzielt. Diese Einrichtung hat sich in einigen neueren Münchener Schulen gut bewährt.

Fig. 223.



Die Grundbedingung einer guten und sicheren Abortlüftung ist, wie schon erwähnt, ein stets gleichmässig functionirender Motor, welcher eine bestimmte Quantität Luft ununterbrochen durch die Sitzöffnung abführt.

Am zweckmässigsten und billigsten für diesen Zweck ist bei Wasserclosets zur Zeit ein kleiner Wassermotor (Turbine), welcher, wie z. B. beim Rusp'schen Ventilator u. v. a., ein Flügelrad in Bewegung setzt. Die bis jetzt in Gebrauch stehenden diesbezüglichen Einrichtungen lassen alle mehr oder weniger zu wünschen übrig, weil sie überall in gleicher Weise angebracht werden ohne Berücksichtigung der Widerstände, welche aber von der grössten Bedeutung sind für die Wahl entsprechender Flügelform und Tourenzahl des Ventilators.

J. Keidel[1]) verwendet zu dem in Rede stehenden Zweck seine durch Druckwasser betriebenen „Hydroventilatoren" (Fig. 224). Das

1) E. Schmitt l. c. p. 352 u. 353.

zum Absaugen übelriechender Gase bestimmte Zinkblechrohr *D* ist 5 Cm. weit und mündet unter dem Sitzkasten aus. Der Ventilator *v* hat 10 Cm. Durchmesser, und vom Spülrohr *s* zweigt das Rohr *z* ab, welches ihm das Druckwasser zuführt; das verbrauchte Wasser fliesst durch das Rohr *w* dem Abortbecken *a* zur Spülung zu. In diesem Falle zeigen die eingezeichneten Pfeile wirklich den Weg an, auf welchem die angesaugte Luft ins Freie geführt wird. Der Querschnitt des zum Absaugen der übelriechenden Gase bestimmten 5 Cm. weiten Zinkblechrohrs *D* ist jedoch, wie die Berechnung auf S. 481 zeigt, zu klein, und dies ist der Hauptgrund der unzureichenden Wirksamkeit dieses Systems.

Fig. 224.

Während der Defäcation wird natürlich be allen Spülaborten die Luft des Abortraumes durch Darmgase und die Ausdünstung der frischen Excremente in geringem Grade verunreinigt. Hierin liegt zwar keine Gefahr, wohl aber eine Unannehmlichkeit. Will man auch diese verhüten, dann muss das Abortbecken über dem Wasserverschluss ventilirt werden, was sich leicht durch eine bei *a* abgehende Röhre bewerkstelligen lässt. Diese Ventilationsröhren führt man in ein unten geschlossenes und über Dach offen mündendes Rohr ein, in welchem eine kleine Petroleum- oder Gasflamme brennt, um eine genügende Druckdifferenz zwischen der Luft des Abortraums und der in der Röhre zu erzeugen. Eine solche Flamme kostet, wie schon erwähnt, etwa 50—70 Mk. im Jahr.

Da nun in Städten mit Spülaborten Wasser zu billigem Preise zur Verfügung steht, so ist es entschieden vortheilhafter, anstatt einer Lockflamme bei geringer Schlothöhe, einen kleinen Wasserventilator am Ende des Rohres anzubringen, welches die einzelnen Ventilationsröhren aus den Abortbecken aufnimmt (Fig. 225). Die Ventilation der Fallröhre ist hierbei unnöthig. Dieselbe muss jedoch über Dach fortgesetzt werden und mit der freien Atmosphäre communiciren.

Bei einem Wasserverbrauch von 50 Liter pro Stunde lässt sich bei richtiger Anlage ein vollkommen ausreichender Ventilationseffect erzielen, so dass die Kosten z. B. bei dem in München festgesetzten

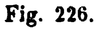
Wasserpreis von 5 Pfennigen pro Cubikmeter nur circa 20 Mk. im Jahr betragen. Ein Theil des zum Betrieb des Ventilators nöthigen Wassers kann übrigens zur Füllung der Spülreservoire benützt und so zur Closetspülung oder Berieselung der Pissoirs verwerthet werden. Durch diese geringe Auslage von 20 Mk. jährlich kann man also einem grossen Wohnhaus die Annehmlichkeit eines vollkommen geruchlosen Aborts verschaffen.

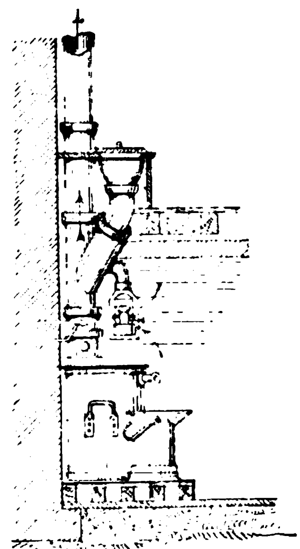
Fig. 225.

nach der Kanalisation oder Abortgrube.

Es kommt nämlich auch vor, dass bei seltener Benutzung des Closets die im Syphon lagernden Excremente riechende Gase entwickeln, welche bei der beschriebenen Ventilationseinrichtung nicht wie bei Wassercloset-anlagen ohne Ventilation und bei Abzügen,

Fig. 226.





welche vom Raume **selbst** absaugen, in den Abortraum gelangen, sondern durch das Ventilationsrohr abgeführt werden. Bisher ist diese Art der Closetventilation an den gebräuchlichen, empfehlenswerthen Becken (Unitas, Tornado u. s. w.) nicht vorgesehen. Hoffentlich genügt diese Anregung, um die Fabrikanten zur Anbringung eines geeigneten Rohransatzes am Becken zu veranlassen.

Für Tonnen-Aborte ist die von Schmidt in Weimar ausgeführte Anlage zu empfehlen. Im Tonnenraum (Fig. 226) befindet sich neben

der aus verzinktem Eisenblech bestehenden Tonne von etwa 100 Liter Inhalt noch ein Zinkgefäss, in welchem ein Ueberlauf der Tonne die überflüssigen Excremente leitet, um anzuzeigen, dass die Tonne gefüllt ist. Es gibt auch grosse Tonnen bis zu etwa 2000 Liter Inhalt. Um das Aufsteigen riechender Gase aus der Tonne zu verhüten, wenden Gebr. SCHMIDT einen Verschluss an, bestehend aus einem an der Mündung des Abfallrohres angebrachten, verschiebbaren Rohrstück, das in eine Nuth des Rohrstutzens auf der Tonne einfasst. Durch Einstreuen von Asche in diese Nuth soll das Aufsteigen des Geruches verhindert werden. Bei der geringen Zuverlässigkeit dieses Verschlusses ist es eine wesentliche Vervollkommnung, dass neuerdings nach Fig. 226 noch eine kleine Lampe angebracht wird, welche zur Erwärmung des Raumes dient, in welchem sich die Tonne befindet, zugleich aber auch durch ein kurzes Zweigrohr dem Abfallrohr Wärme zuführt und so einen aufsteigenden Luftstrom erzeugt, aber auch die nachtheilige Wirkung des Frostes verhütet. Der Tonnenraum hat ausserdem doppelten Verschluss.

2. *Theoretische Ableitung der Betriebskosten für Abortlüftungen.*

Die Grundlage für die rechnerische Ermittelung der Betriebskosten bildet die Grösse der zu leistenden Arbeit.

Der theoretisch nöthige Aufwand zur Fortbewegung der Luft hängt von zwei Factoren ab, von der zu fördernden Luftmenge und von der Druckdifferenz, unter welcher die Luft zu bewegen ist.

Die wirklich zu leistende und zu bezahlende Arbeit ist grösser als die theoretische, um so mehr, je unvollkommener die zur Erzielung der Luftbewegung verwendeten Apparate und Mittel sind. Für die Praxis kommt also noch ein dritter Hauptfactor hinzu, Art und Wirkungsgrad des Motors.

1. Luftmenge. Saugt man in der oben erläuterten rationellen Weise die Ventilationsluft durch das Abortbecken ab, so berechnet sich die zu fördernde Luftmenge aus dem freien Lufteintrittsquerschnitte z. Z. der Benutzung und aus der während des Gebrauches zulässigen maximalen Luftgeschwindigkeit. Ersterer ist variabel (je nach der Constitution und Gepflogenheit des Besuchers), man ist daher für die Rechnung zur Annahme von Mittelwerthen genöthigt. Was die Stärke der zulässigen Luftströmung anbetrifft, so ist zu bemerken, dass die Belästigung durch Zuggefühl ausser von persönlicher Empfindlichkeit auch abhängt von der Temperatur und dem relativen Feuchtigkeitsgehalte der an den entblössten Körpertheilen vorbeistreichenden Luft. Die Geschwindigkeiten dürften schwanken zwischen

0,15 M. (für Krankenhäuser) und 0,30 M. pro Secunde (für stark besuchte Aborte öffentlicher Locale). Eine möglichst starke Luftströmung nach innen kann natürlich das Austreten freiwerdender Darmgase bei der Defäcation sicherer verhindern.

Für ein freistehendes Unitas-Closet z. B. liefert die Brille mit circa 570 Cm.² und der Zwischenraum zwischen Sitzbrett und Closet mit circa 128 Cm.² (128 Cm. Umfang, 1 Cm. Abstand) den zu beachtenden Querschnitt. Bei der Benutzung mag die Brillenöffnung auf 90 Cm.² reducirt werden; gestattet man dabei einen Luftabzug von 0,30 M. Geschw. pro Sec., so berechnet sich die Ventilationsluftmenge zu $(\underset{\text{Zwischenraum}}{0{,}0128} + \underset{\text{Brille}}{0{,}0090}) \times 0{,}30 \times 3600$ oder zu rund 24 Cbm. pro Stunde und Closet.

Die Grösse des Luftwechsels nach der Raumgrösse zu bestimmen (siehe Rietschel, Leitfaden. I. Theil. S. 13, 3—5fache Lufterneuerung pro Stunde), ist bei dieser Ventilationsmethode wohl unzulässig. Für mittlere Dimensionen der Aborte in Privathäusern (1,5 M. breit, 3,5 M. lang, 3,0 hoch), circa 16 M.³ Inhalt, würde sich z. B. unter den gemachten Annahmen nur eine 1,5fache Lufterneuerung ergeben.

Dieser durch zweckentsprechende Einrichtung bedingte geringe Luftwechsel ist für nicht geheizte Aborte besonders wünschenswerth, da die abgesaugten Luftmengen sich einestheils auch durch die Begrenzung nach dem Freien ergänzen. Bei starkem Luftwechsel und Aussentemperaturen unter 0° ist die Gefahr des Eingefrierens der Wasserspülvorrichtung eher vorhanden.

2. Nothwendige Druckdifferenz. Jede Luftbewegung wird durch eine Störung des Luftgleichgewichtes hervorgebracht. Diese Störung muss um so grösser sein, je grösser die beabsichtigte Luftgeschwindigkeit werden soll und je grösser die Widerstände sind, welche sich der Luftbewegung entgegensetzen.

Die herzustellende Gesammtdruckdifferenz findet sich als Summe der einzelnen Druckhöhen, welche sich z. B. für die Anordnung Fig. 225 zusammensetzen aus der Druckhöhe

a) für die Erzeugung der Luftgeschwindigkeit,

b) zur Ueberwindung der Reibung in den Theilleitungen,

c) der Reibung im Sammelrohre und

d) zur Ueberwindung des Kniewiderstandes (Uebergang von der horizontalen in die verticale Leitungsrichtung).

a) Zur widerstandsfreien Erzeugung der Geschwindigkeit v_0 (Meter pro Sec.) einer Luft von der Dichtigkeit s_0 (Gew. eines Cbm. in Kgrm.) bedarf es einer Druckhöhe (Mm. Wasser oder Kgrm. pro M.²)

$$p_0 = \frac{v_0^2 s_0}{2g} \qquad g = \text{Fallbeschleunigung} = 9{,}81 \text{ M.},$$

b) für den Leitungswiderstand der Einzelcanäle

$$p_1 = \varrho\, l_1 \frac{u_1}{q_1} \times \frac{v_1^2 s_1}{2g},$$

ϱ = sogenannter Reibungscoefficient,
l_1 = Länge der Leitung in M.,
u_1 = Umfang des Canalquerschnitts in M.,
q_1 = Querschnitt der Leitung in M.^{2}
v_1 = Luftgeschwindigkeit M. per Sec. im Querschnitt q_1
s_1 = Dichtigkeit der strömenden Luft;

c) für den Leitungswiderstand des Sammelcanales

$$p_2 = \varrho\, l_2 \frac{u_2}{q_2} \times \frac{v_2^2 s_2}{2g},$$

v, s, ϱ, l, u, q u. s. w. analoge Bedeutung wie oben;

d) für den Kniewiderstand bei allmählicher Ueberführung

$$p_3 = 0{,}5 \frac{v_3^2 s_3}{2g}.$$

Erfolgt der Luftübergang vom Becken in die Ventilationsröhren ohne Contraction (abgerundete Mündungskante), sind die Abzugsröhren gleich weit, und ist der Sammelrohrquerschnitt mindestens gleich der Summe der Einzelquerschnitte, welche in dasselbe einmünden, so sind alle Gleichungen gegeben zur Ermittelung der nöthigen Druckdifferenz in Mm. Wassersäule oder Kgrm. pro M.^{2}.

Aus denselben ist unmittelbar zu entnehmen, dass die nöthigen Druckdifferenzen (Druckhöhen) dem Quadrate der Luftgeschwindigkeit direct proportional sind, d. h. bei doppelt so grosser Geschwindigkeit werden unter sonst gleichen Umständen die benöthigten Druckdifferenzen 4 mal so gross.

Durch möglichst grosse Ausführung der Abzugsquerschnitte lässt sich also die nothwendige Druckdifferenz und damit die Betriebsarbeit entsprechend vermindern.

Beachtet man den Fall, dass die Temperatur der zu fördernden Luft niedriger sein kann, als die der Umgebung (z. B. im Sommer), so wird eine weitere Druckdifferenz nothwendig gleich dem Gewichtsunterschiede der kalten zu hebenden Luftsäule (über einem M.^{2} Grundfläche gedacht) und der wärmeren der Umgebung, um dem Herabsinken der dichteren Säule, was naturgemäss ohne Motor eintreten würde, entgegenzuwirken. Dieser Punkt ist mehr maassgebend für die Wahl eines hinreichend starken Motors, als für die Betriebskosten, da ja der umgekehrte Fall, die Unterstützung des Motors

durch Auftrieb, diese zeitweise Mehrbelastung mindestens wieder ausgleicht.

Für die Berechnung der durch einen gemeinschaftlichen Motor zu schaffenden Druckdifferenz ist stets der widerstandsreichste Theil der Anlage maassgebend und es ist vom ökonomischen Standpunkte als kleiner Mangel aufzufassen, dass auch die Luftmengen der weniger Widerstand bietenden Sectionen unter der gleichen, höchst nothwendigen Druckdifferenz gefördert werden müssen. Es sind vielmehr in diese künstlich Widerstände bis auf das Maass des vorkommenden Höchstbetrages einzuschalten (praktisch durch Querschnittsverengungen), um an allen Closets den gleichen Effect zu erzielen.

Da hier die Verschiedenheit der Widerstände lediglich durch die verschiedenen Längen der Leitungen bis zur Sammelstelle, also hauptsächlich durch die Differenz der Höhenlage der Aborte hervorgerufen wird, so kann es sich im Interesse eines sparsamen Betriebes empfehlen, bei grossen Anlagen die Aborte der einzelnen Etagen für sich unter einem Motor zu vereinigen, was bei Verwendung der Wärme als bewegendes Agens den weiteren Vortheil bietet, dass die Wärmequelle entsprechend tief für jede Gruppe angebracht werden kann.

3. Art und Wirkungsgrad des Motors. Im Allgemeinen verdienen diejenigen Betriebskräfte den Vorzug, welche durch Anschluss an Centralversorgungsanstalten (Gaswerke, Wasserwerke, Elektricitätscentralen u. s. w.) erhältlich sind, da ihre Beschaffung sehr bequem, also nicht von dem Diensteifer des Bedienungspersonales abhängig ist, somit die meiste Garantie für ununterbrochene Wirksamkeit bieten.

Anwendung einer Wärmequelle. Bei der Verbrennung von 1 Cbm. Leuchtgas zu Kohlensäure und Wasser werden im Mittel 5200 Calorien frei, gleichgültig ob die Gasflamme bei der Verbrennung leuchtet oder nicht. (Coaks, Petroleum siehe unten.)

Die entwickelte Wärme wird als Motor nutzbar durch Herstellung und Erhaltung einer warmen Luftsäule, deren Druck pro $M.^2$ gegenüber der Luft im Freien um so viel geringer sein muss, als die oben erläuterte Druckdifferenz ausmacht.

Da die Druckdifferenz zwischen einer kalten und warmen Luftsäule direct mit der Höhe wächst, so erklärt sich daraus der ökonomische Vortheil, die Wärmequelle möglichst tief anzubringen. Zur Erhaltung dieser Druckdifferenz für den continuirlichen Betrieb muss sämmtliche zu fördernde Luft auf die entsprechende nothwendige höchste Canaltemperatur erwärmt werden. Daraus berechnet sich direct der Wärmebedarf und der äquivalente Brennstoffaufwand.

Bezeichnet man mit H die Höhe des heizbaren Abzugscanales (verticaler Abstand der Wärmequelle von der Ausmündung des Canales ins Freie), mit p die nach 2) benöthigte maximale Druckdifferenz, mit t_1 die mittlere Temperatur der Canalluft und mit t_2 die Lufttemperatur im Freien, so dient folgende Gleichung zur Berechnung der herzustellenden Temperaturdifferenz

$$(t_1 - t_2) = \frac{p}{0{,}004 - H}$$

unter der empirischen Berechnung der Luftdichtigkeit (s) nach der bequemen Formel von H. FISCHER

$$s = 1{,}3 - 0{,}004\,t,$$

t = Lufttemperatur in Grad Celsius.

Jährlicher Calorienbedarf

$$C = (t_1 - t_2) \times Q \times 0{,}306 \times 24 \times 365$$

$$C = 2680 \times Q \times (t_1 - t_2)$$

Q = zu fördernde Luftmenge per Stunde in Cbm.

0,306 = nothwendige Wärmemenge zur Erwärmung von 1 Cbm. Luft um 1° C.

Diese Gleichung gilt streng nur unter der Voraussetzung, dass die mittlere Jahrestemperatur der Abortluft gleich derjenigen im Freien ist, keine Wärmeverluste im Abzugscanale stattfinden und die Regulirung der Wärmequelle stets auf das nothwendige Minimum stattfindet. Diese Bedingungen sind im Allgemeinen nicht erfüllt. Häufig wird die nöthige Wärme theilweise durch die Begrenzung und Beleuchtung geliefert, eventuell durch die Heizungseinrichtung. Die Wärmeverluste durch die Canalwände entziehen sich der Vorberechnung. Die Regulirung der Wärmequelle wird praktisch unvollkommen gehandhabt. Diese verschiedenen Punkte ergänzen sich zum Theil, so dass doch obiger Werth als Annäherungswerth zum Vergleiche beibehalten werden kann.

Der Brennstoffconsum berechnet sich alsdann angenähert zu

$$\frac{C}{5200} \text{ Cbm. Leuchtgas}$$

$$\left(\frac{C}{4500} \text{ Kgrm. Coaks}\right)$$

$$\left(\frac{C}{8000} \text{ Liter Petroleum}\right).$$

Verwendung eines Wasserdruckventilators. Der Nutzeffect der hier üblichen kleinen, meist primitiv gebauten Apparate, welche gewöhnlich an die städtischen Wasserversorgungen angeschlossen werden, steigt in der Regel nicht über 6 Proc. bei einem

Betriebswasserdrucke von 4—5 Atm. Ueberdruck; d. h. von dem im Druckwasser enthaltenen Arbeitsvermögen werden im Maximum 6/100 in Luftbewegung umgesetzt.

Der stündliche Wasserverbrauch für 1 effective Pferdestärke in Cbm. berechnet sich aus der Formel

$$W = \frac{27}{P},$$

wenn P den Wasserüberdruck in Atm. bedeutet

P =	5	4	3	2	1 Atm.
W =	5,40	6,75	9,00	13,50	27,00 Cbm.

Da das Wasser durch Stoss zur Wirkung kommt, bleibt der Nutzeffect für verschiedene Wasserdrücke nicht constant, sondern fällt mit abnehmendem Drucke.

Ueber das Maass mag folgende Zusammenstellung der Versuchsergebnisse mit einem Rusp'schen Wasserdruckventilator ungefähren Aufschluss geben.

Ventilator mit horizontaler Drehaxe; an das Gehäuse war ein gleich weites, 2 M. langes Blechrohr horizontal angesetzt, Durchmesser 262 Mm., sonst freier Ein- und Austritt der Luft.

mittlerer Wasserüberdruck in Atm.	5,09	2,27	1,99	1,65
stündliche Luftmenge in Cbm.	677	429	313	280
stündliche Wassermenge in Liter	172	162	142	140
absol. Nutzeffect	5,9%	3,65	1,95	1,77

Bezeichnet Q das stündlich zu fördernde Luftquantum, p die nach 2) benöthigte maximale Druckdifferenz, P den Wasserüberdruck an der Stelle des Ventilators in Atmosphären, η den Gesammtwirkungsgrad ($\eta = \frac{\text{Nutzeffect } \%}{100}$) des Motors beim Drucke P und W die stündlich nöthige Betriebswassermenge, so gelten folgende allgemeine Gleichungen:

effectiv zu leistende Arbeit in Pferdestärken

$$HP = \frac{Q \times p}{3600 \times 75 \times \eta},$$

$$W = \frac{HP \times 27}{P} \text{ Cbm. per Stunde.}$$

Verwendung von Ventilatoren mit elektrischem Antriebe. Die Verwendung von elektrischen Motoren ist z. Z. für die Förderung von so kleinen Luftmengen, um die es sich hier handelt, noch nicht sehr verbreitet, gewinnt aber mit der Zunahme der elektrischen Centralen allgemeinere Bedeutung.

Die nominelle Leistung der kleinsten Motoren schwankt zwischen 1/4 HP (für Gleichstrom) und 1/16 (für Wechsel- und Drehstrom).

Die Nutzeffecte der Motoren für sich betragen bei der gebräuchlichen Spannung von 100 Volt 40—45 Proc.; veranschlagt man den Nutzeffect des Schraubenventilators zu 25—30 Proc., so ergibt sich ein mittlerer Gesammtnutzeffect von rund 6 Proc., ungefähr wie bei den oben erwähnten Wasserdruckventilatoren. Der Elektricitätsbedarf pro effective Pferdestärke und Stunde

$$E = (736 \times HP) \text{ Watts.}$$

Beispiel: Nach der in Fig. 225 illustrirten Anordnung sollen drei über einander liegende Aborte ventilirt werden. Die Stockhöhe betrage 3,5 M., die Länge der Einzelleitungen bis zur Vereinigung entsprechend 8 M.; 4,5 M. und 1 M. Der Ansatzstutzen am Becken für die Ventilationsröhren habe einen lichten Durchmesser von 60 Mm. und werde durch gleichweite Zinkröhren bis zur Sammelstelle verlängert. Das Sammelrohr habe eine lichte Weite von 150 Mm. und eine Gesammtlänge von 7 M.

Ventilationsluftmenge pro Abort nach 1) 24 Cbm. pro Stunde.

Gesammtmenge $3 \times 24 = 72$ Cbm. pro Stunde oder 0,02 Cbm. pro Secunde.

Abzugsquerschnitt bei 60 Mm. Rohrweite $= 0,00283 \times 3 = 0,00849$ M.².

Nothwendige Luftgeschwindigkeit pro Secunde

$$v_0 = v_1 = \frac{0,02}{0,00849} = 2,35 \text{ M.}$$

in den Einzelleitungen;

$$v_2 = \frac{0,02}{0,01771} = 1,13 \text{ M.}$$

in der Sammelleitung.

$$v_0 = v_1 = 2,35 \text{ M.}$$
$$v_2 = 1,13 \text{ M.}$$
$$v_3 = v_0 = v_1.$$

Zur Vereinfachung wird $s_0 = s_1 = s_2 = s_3 = 1,293$ gesetzt, alsdann ist

$$p_0 = \frac{v_0^2\, s_0}{2g} = 0,365;$$

$$p_1 = \varrho \,.\, l_1 \frac{u_1}{q_1} \quad \frac{v_1^2\, s_1}{2g} = 0,968; \; (l_1 = 8)$$

$$p_2 = \varrho \,.\, l_2 \frac{u_2}{q_2} \quad \frac{v_2^2\, s_2}{2g} = 0,061; \; (l_2 = 7)$$

wenn $\varrho = 0{,}00312 + 0{,}000028 \frac{n}{q}$ für Zinkröhren gesetzt wird.

$$p_3 = 0{,}5 \frac{v_3^2 s_3}{2g} = 0{,}182.$$

Nothwendige Gesammtdruckdifferenz $\Sigma(p) = 1{,}576$ Mm. Wassersäule.

Berechnung des Wärmebedarfes.

$$t_1 - t_2 = \frac{p}{0{,}004\,H} = \frac{1{,}576}{0{,}004 \times 7} = 56{,}3^0\,C.$$

$$C = 2680 \times Q\,(t_1 - t_2)$$
$$= 2680 \times 72 \times 56{,}3$$
$$= 10\,863\,648 \text{ oder rund } 11\,000\,000 \text{ Calorien.}$$

Leuchtgasverbrauch circa 2120 Cbm. pro Jahr. Kostenpunkt beim Grundpreise 0,12 Mk. = Mk. 254.

Wäre der Querschnitt des Abzuges überall doppelt so gross gewesen, die Durchmesser also 85 statt 60 Mm., und 210 statt 150 Mm., so würden die Betriebskosten sich auf 1/4 vermindern, also pro Jahr circa Mk. 62 betragen. Wäre überdies die Saughöhe des Sammelcanales 2fach so gross, also 14 statt 7 M., so würde unter dem ganz gleichen Effect der Aufwand auf 1/8 = Mk. 31 jährlich sinken.

Berechnung des Wasserverbrauches bei Anwendung eines Wasserdruckventilators.

$$\text{Effective HP} = \frac{Q \cdot p}{3600 \times 75 \times \eta},$$

$$\text{stündliche } W = \frac{27}{P} \times \text{HP}.$$

Der Wasserdruck am Fusse des Gebäudes sei circa 4 Atm., also in der Höhe des Ventilators im Sammelrohr (etwa 10 M. höher) circa 3 Atm. Nutzeffect nach der Tabelle geschätzt = 4 Proc. $\eta = 0{,}04$

$$\text{HP} = \frac{72 \times 1{,}576}{3600 \times 75 \times 0{,}04} = 0{,}0105 \text{ Pferdestärken effectiv.}$$

$$W = \frac{0{,}0105 \times 27}{3} = 0{,}0945 \text{ Cbm. pro Std. oder pro Jahr c. 828 Cbm.}$$

bei 0,05 Mk. pro Cbm. jährliche Betriebskosten = circa Mk. 42 bei doppeltem Querschnitte circa Mk. 11. —

Bei der Wahl eines Motors nehme man in Ermangelung anderer Angaben diejenige Grösse, die bei gleichem Wasserdrucke die so be-

rechnete Wassermenge annähernd braucht. Die Angaben über Luftmengen sind nicht maassgebend, wenn der Druck p nicht angegeben ist.

Elektricitätsbedarf

$$\text{HP analog wie oben} = 0{,}007 \ (\eta = 0{,}06)$$
$$\text{Watts} = 0{,}007 \times 736 = 5{,}15 \ \text{per Stunde.}$$

Kostet eine 16kerzige Glühlampe mit 50 Watts pro Stunde 4 Pf., so würde sich entsprechend der Betrieb zu circa Mk. 36 berechnen, bei doppeltem Querschnitte circa Mk. 9 — pro Jahr.

Diese Art der Zahlung findet häufig nicht statt, es treten in der Regel Pauschalsummen dafür ein.

Die so berechneten Betriebskosten lassen Wartung und Bedienung ohne Berücksichtigung, ebenso Zinsen und Amortisation des Anlagecapitals. Bei vollständig erschöpfender Behandlung, welche jedoch nur im speciellen Falle möglich ist, wird die Verwendung von Leuchtgas häufig den Sieg davon tragen, zumal nicht immer die reinen Betriebskosten für die Wahl der Mittel ausschlaggebend sein können, sondern auch die bauliche Möglichkeit u. s. w.

ZWÖLFTES CAPITEL.

Die Feuchtigkeit der Neubauten und deren Austrocknung.

1. Methoden zur Bestimmung der Mauerfeuchtigkeit.

Auf v. PETTENKOFER'sche Veranlassung versuchte zuerst GLÄSSGEN[1]) zu einer exacten Methode der Bestimmung der Mauerfeuchtigkeit zu gelangen.

Die Methoden, deren sich die amtlichen Aerzte zur Beurtheilung der Feuchtigkeit von Neubauten bedienen, sind äusserst primitiv und irreführend. Die meisten beurtheilen den Feuchtigkeitsgrad der Mauer nach dem Aussehen der Wand, d. h. durch das Beschauen und Beobachten nasser Stellen (feuchter Flecken); andere bedienen sich des Tastsinnes, indem sie die Wand mit der Hand befühlen, um zu entscheiden, ob sie kalt oder warm, feucht oder trocken ist.

1) Ueber den Wassergehalt der Wände und dessen quantitative Bestimmung. Zeitschrift für Biologie. Bd. X. S. 246.

Ich habe einen Beamten gekannt, welcher den Trockenheitsgrad der Mauern dadurch zu beurtheilen pflegte, dass er, durch die Wohnung gehend, hier und da mit dem Hausschlüssel an die Wand schlug. Wenn der Schlag mit dem Hausschlüssel einen Eindruck am Mörtelbewurf hervorbrachte, so war die Wohnung feucht, gab es keinen Eindruck, so wurde sie für trocken erklärt. Die böse Welt sagte nun aber, dass der Kraftaufwand bei Ausübung dieser Feuchtigkeitsprobe vermittelst des Hausschlüssels ein sehr verschiedener war, je nachdem es der Hausbesitzer verstanden hatte, sich vorher auf irgend welche Weise dem Beamten beliebt zu machen oder nicht.

Es ist einleuchtend, dass alle diese Methoden äusserst trügerisch und irreführend sind. In Folge davon wird einerseits der Bauherr oft ungerecht und unbillig verhindert, seinen Neubau zu vermiethen, und andererseits kommt es noch öfters vor, dass der Miether nicht zu seinem Rechte kommt, wenn er das Unglück hatte, eine feuchte Wohnung, für welche der Wohnungsconsens unberechtigter Weise ertheilt wurde, zu miethen. Ich könnte mehrere derartige Fälle aus meiner eigenen Erfahrung anführen.

Bei einem dieser gerichtlichen Fälle, bei welchem die Tapeten der Wohnzimmer theilweise mit Schimmel überzogen waren, beurtheilten die als Sachverständige aufgestellten Architekten den Wassergehalt des inneren Mörtelbewurfs nach dem Aussehen u. s. w. zu höchstens 2—3 Proc., während derselbe von Herrn Geheimrath Prof. v. Pettenkofer und mir auf mindestens 6 Proc. taxirt wurde. Es wurden nun Mörtelproben entnommen, und der Wassergehalt nach der Methode von Glässgen zu 9,9, also rund 10 Proc. bestimmt.

Solchen Täuschungen ist man ausgesetzt, wenn man die Feuchtigkeit der Mauern vermittelst des Gesichts- oder Tastsinnes zu bestimmen sucht.

Dies geschieht aber dennoch überall, und in Folge davon ist die richterliche Rechtsprechung sehr häufig eine irrige und ungerechte.

v. Pettenkofer hat auch auf diesem Gebiete der experimentellen Hygiene die ersten Schritte gethan, um zu einer brauchbaren Methode für die Bestimmung der Wandfeuchtigkeit zu gelangen und die Grenze des Wassergehaltes zu ermitteln, bei welcher eine Mauer als feucht, resp. trocken zu bezeichnen ist.

Glässgen hat unter v. Pettenkofer's Leitung zunächst Versuche darüber angestellt, wie weit etwa die Verdunstung von Wasser aus den Wänden in der darüber hinstreichenden Luft einen brauchbaren Maassstab liefern könnte.

Ueber eine bestimmt grosse Wandfläche, die durch einen auf-

gekitteten Metallteller abgegrenzt war, wurde eine bestimmte Quantität vollkommen trockener, wasserfreier Luft in einer bestimmten Zeit geleitet. Das von dieser trockenen Luft im Vorüberstreichen aufgenommene Wasser wurde in einem mit Bimsstein und Schwefelsäure gefüllten Kölbchen wieder absorbirt und vermittelst der Wage die Menge des Wassers genau bestimmt. Die ersten Versuche, welche an einem trockenen und an einem vollkommen mit Wasser durchtränkten Backstein gemacht wurden, zeigten eine Differenz, welche Hoffnung gab, auf diesem Wege brauchbare Resultate zu erzielen. Die folgenden Versuche jedoch, die an fertigen Mauern angestellt wurden, gaben solche Schwankungen und Unsicherheiten, dass alsbald von dieser Methode abgelassen wurde.

Späterhin hat BEER[1]) diese Methode weiter auszubilden versucht, indem er in folgender Weise verfuhr: Ein luftdichter Kasten, in welchem sich ein Hygrometer befindet und der an einer Seite offen ist, wird mit dieser luftdicht auf eine bestimmte Wandfläche aufgepresst, worauf man Luft aspirirt und den Stand des Hygrometers abliest. Der luftdicht schliessende Kasten hat einen Inhalt von circa 25 Liter; statt der vorderen Wand hat er einen ewta 7 cm breiten Rahmen, in den eine Glasplatte eingelegt und dessen Tuchpolsterung durch 8 Schrauben so fest an die Platte angedrückt werden kann, dass hier ein luftdichter Verschluss zu Stande kommt. In der Seitenwand des Kastens befinden sich fest eingelassene und verkittete Glasröhren, die durch Gummischläuche mit dem Aspirator verbunden werden. Die hintere, sehr feste Wand hat einen nach aussen vorspringenden Rand, mittelst dessen der Kasten durch Schrauben, die an einem Stützapparat angebracht sind, an die Mauer angepresst wird. In der Mitte der hinteren Wand ist eine Oeffnung von 15 cm Breite und 10 cm Höhe; um diese herum ist die ganze Rückseite mit einer abdichtenden $1^1/_2$ cm dicken Platte aus weichstem Gummi elasticum belegt; ausserdem wird auf die Rückseite der Platte ein dünnes Gummirohr mit Gummileim aufgeklebt und zwar in Schneckenlinien so oft auf dem Rahmen herumgeleitet, bis die ganze Fläche mit eng aneinanderliegenden Windungen bedeckt ist. Als Stützapparat dienen zwei senkrechte Holzsäulen, die am Boden fixirt werden und von den Schrauben ausgehen, welche zum Aufpressen des Kastens an die Mauer dienten. Nachdem der Kasten in seiner Lage befestigt, aber an der vorderen Wand noch geöffnet gelassen ist, bestimmt man zunächst den Wassergehalt derjenigen Luft, welche durch die Wand hindurch aspirirt werden soll, mittelst eines genau controlirten Hygrometers; sodann stellt man letzteres im Kasten auf, verschliesst die vordere Wand in der beschriebenen Weise und beobachtet die Veränderung des Hygrometers, sowohl ohne, als mit Aspiration von Luft. — Mittelst dieser Methode

1) Ueber die Bestimmung der Feuchtigkeit der Wände. Dissertation. Erlangen 1878. Vgl. C. FLÜGGE, Lehrbuch der hygienischen Untersuchungsmethoden. Leipzig, Veit u. Comp. 1881. S. 495.

hat BEER allerdings eine grössere Feuchtigkeit an einigen frisch gemauerten Wänden constatirt; aber es ist noch fraglich, ob dieselbe gleichmässige und brauchbare Werthe gibt und zudem ist die Herstellung und Handhabung des Apparates so umständlich, dass eine allgemeine Anwendung desselben in seiner ursprünglichen Form zu praktischen Zwecken ausgeschlossen ist.

GLÄSSGEN hat auch festzustellen gesucht, um wie viel der Wassergehalt der in Zimmern eingeschlossenen Luft durch Heizen vermehrt wird, um daraus einen Schluss auf Nässe oder Trockenheit der Wände machen zu können.

In dieser Beziehung bemerkt FLÜGGE (l. c. S. 496) sehr richtig, dass man aus dem Feuchtigkeitsgehalt der Zimmerluft auf den Wassergehalt der Wände nur dann einen Rückschluss machen kann, wenn keine anderen Feuchtigkeitsquellen die Luft des Zimmers beeinflussen, ferner wenn keine Temperaturerhöhung oder Temperaturerniedrigung der Zimmerluft vorliegt, die zu einer Condensation von Wasserdampf oder zu stärkerer Verdunstung führen könnte; ferner wenn die Menge der einströmenden Luft und deren Feuchtigkeit genau bekannt ist. Diese Methode wäre somit nur anwendbar bei gleichzeitiger Ermittelung der Ventilationsgrösse und fortlaufender Messung der Feuchtigkeit der Innen- und Aussenluft. Trotz alledem bleibt es zweifelhaft, ob man durch diese Methode zu hinreichend sicheren Resultaten gelangt. Die bisherigen in dieser Weise angestellten Versuche ergaben keine brauchbaren und übereinstimmenden Zahlen.

Die Umständlichkeit der vorausgehend beschriebenen Methoden schliesst ihre praktische Verwerthbarkeit zur Controlirung des Trockenheitsgrades von Neubauten aus. Für diesen Zweck können nur die folgenden in Frage kommen.

a) Methode zur Bestimmung der Mauerfeuchtigkeit von GLÄSSGEN.

GLÄSSGEN hat die wichtige Thatsache ermittelt, dass der innere Mörtelbewurf einer Wand um so feuchter ist, je feuchter die Wand selbst ist, und dass es daher zur Beurtheilung der Wandfeuchtigkeit genügt, den Wassergehalt des inneren Mörtelbewurfs zu bestimmen.

Auf diese Thatsache gründen sich die im Folgenden beschriebenen Methoden zur Bestimmung der Mauerfeuchtigkeit.

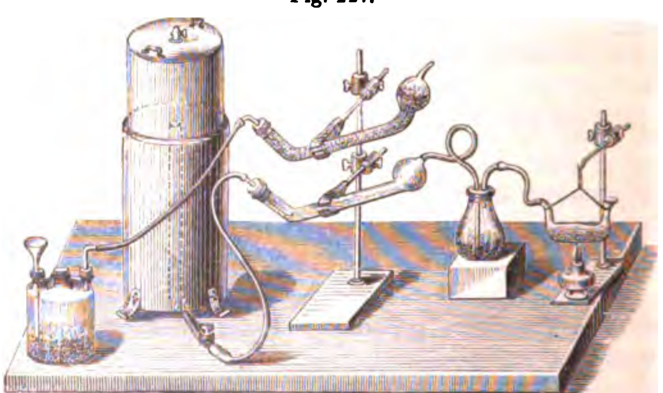
GLÄSSGEN stellte weiterhin durch zahlreiche Untersuchungen an Neubauten fest, dass jeder Neubau als trocken und beziehbar erklärt werden kann, wenn der innere Mörtelbewurf der Wände nicht mehr als 1 Proc. Wasser im Feinmörtel (von den Steinen abgesiebter Mörtel) enthält.

Damit war eine bestimmte Norm der Beurtheilung des Trockenheitsgrades von Neubauten geschaffen.

Die Methode GLÄSSGEN's zur Ermittelung des Wassergehaltes von Mörtel ist folgende: Man entnimmt vermittelst Hammer und Meissel von dem Bewurf der Innenwand und aus den Fugen zwischen den Steinen Mörtelproben von circa 100 g und transportirt dieselben in luftdicht schliessenden Gläsern (mit eingeriebenem Glasstöpsel) in das Laboratorium. Hier wird jede Probe sorgfältig gemischt, rasch in einem Porzellanmörser zerrieben und durch ein feines Sieb getrieben. Von dem durch das Sieb gehenden Feinmörtel wägt man 25 g ab und bestimmt darin sowohl das freie, als das an Kalkhydrat chemisch gebundene Wasser.

Der Mörtel besteht, wie schon erwähnt, aus 3 Theilen Sand und 1 Theil Kalkhydrat. LIEBIG war der Ansicht, dass die Feuchtigkeit neuer Wohnungen hauptsächlich von diesem Hydratwasser herrühre, das bei der allmählichen Umwandlung von Kalkhydrat in kohlensauren Kalk frei werde. v. PETTENKOFER zeigte jedoch, dass dies nicht der Fall ist und dass die Gesammtmenge des Hydratwassers nur etwa 5 Proc. der ganzen in einem Neubau enthaltenen Feuchtigkeit beträgt, also ausserordentlich gering ist. In Folge dieser Zusammensetzung des Mörtels kann man den Wassergehalt desselben nicht in der gewöhnlichen Weise vermittelst eines Lufttrockenschrankes bestimmen, weil die Kohlensäure der Luft eine Ueberführung des

Fig. 227.



Kalkhydrates im Mörtel in kohlensauren Kalk bewirkt, womit eine Gewichtsvermehrung verbunden ist, „da für je 9 Gewichtstheile Wasser, welche frei werden und fortgehen, 22 Gewichtstheile Kohlensäure gebunden und zurückgehalten werden“. Würde man also den Mörtel bei Luftzutritt trocknen, so würde man nicht wissen, wie

viel Gewichtsänderung der Abgabe von Wasser, oder der Aufnahme von Kohlensäure zuzuschreiben ist.

Man bringt deshalb die 25 g Feinmörtel in eine Liebig'sche Ente (Fig. 227) und erwärmt, während man einen Kohlensäure- und Wasserfreigemachten Luftstrom darüber leitet. Vermittelst eines circa 10 bis 20 Liter fassenden Gasometers wird ein Luftstrom erzeugt, welcher durch einen Hahn oder Schraubenquetschhahn beliebig stärker oder schwächer gemacht werden kann. Die aus dem Gasometer entweichende Luft geht zunächst in Blasenform durch eine mit Barytwasser gefüllte PETTENKOFER'sche Röhre, dann durch ein Kölbchen, welches mit concentrirter Schwefelsäure getränkte Bimssteinstücke enthält, und gelangt dann frei von Kohlensäure und Wasser zu dem engeren Schenkel der Ente, um aus deren weiterem Schenkel wieder zu entweichen.

Hat man mit dem Durchleiten des Luftstroms, welcher jedoch nicht so stark sein darf, dass er Partikel der Mörtelsubstanz mit fortzureissen vermag, begonnen, dann wird die Liebig'sche Ente mit einer Gas- oder Spirituslampe langsam erhitzt und dadurch das Wasser des Mörtels verdampft. Um die Condensation von Wasser und die Bildung von Tropfen an der Ausgangsöffnung und ein hierdurch mögliches Zerspringen der Ente zu verhindern, entfernt man das sich ansammelnde Wasser öfter mit Filtrirpapier und hüllt ausserdem die Ente in ein Drahtnetz ein. Durch die Anwendung eines Luftbades aus Kupfer, in welches man die Ente bringt, kann man eine durchweg gleichmässige Erhitzung derselben und damit die Condensation überhaupt vermeiden. Nach 1—1½ Stunden ist der Mörtel getrocknet. Man lässt dann, während der Luftstrom noch im Gange ist, erkalten, wägt und prüft, ob bei nochmaligem Erhitzen keine Gewichtsabnahme mehr zu erzielen ist.

Um ausser der so gefundenen Menge des in den Poren des Mörtels enthaltenen freien Wassers auch noch das an Kalk gebundene Hydratwasser zu bestimmen, wird die Liebig'sche Ente mit einem Kohlensäure-Entwickler (z. B. einer Woulf'sche Flasche) in Verbindung gesetzt, in welchem CO_2 aus Marmor und Salzsäure entwickelt wird; damit keine Salzsäure mit übergerissen werden kann, wird dazwischen noch eine mit kleinen Marmorstücken gefüllte Glasröhre eingeschaltet. Die CO_2 treibt nun das Hydratwasser des Kalkes aus, und um dieses zu verdampfen, wird die Ente wieder wie oben erwärmt, erkalten gelassen und gewogen. Wenn noch Hydratwasser im Mörtel vorhanden war, so ist nunmehr das Gewicht der Ente mit Mörtel grösser, und zwar kommen auf 9 Theile abgegebenes Wasser

22 Gewichtstheile CO_2; folglich zeigen je 13 g Gewichtszunahme 9 g verdampftes Hydratwasser an. Der Hauptnachtheil dieser, sowie der folgenden Methode liegt darin, dass nur sehr kleine Mörtelmengen zur Untersuchung verwendet werden können und noch dazu nicht der Gesammtmörtel, sondern der von den Steinen abgesiebte Feinmörtel. Diese Methoden ergeben daher nur relative, keine absolut richtige Zahlen für den Wassergehalt des Mörtels.

b) Methode zur Bestimmung der Mauerfeuchtigkeit von K. LEHMANN und CHR. NUSSBAUM.[1])

Die entnommene Mörtelportion (bei Putz meist 10—20, bei Fugenmörtel 4—5 g) wird in einer Achatreibschale rasch zu Grobsand zerdrückt, die Masse möglichst gut gemischt und sofort ein kleines Platin-, resp. Kupferschiffchen damit gefüllt, das in ein Wägeröhrchen eingeschlossen wird. Vor dem Versuche wird das Wägeröhrchen sammt Schiffchen gewogen, sofort nach dem Füllen muss die Wägung wiederholt und ca. 1,5—2 g feuchte Substanz zur Analyse verwendet werden.

Mit Hülfe des nebenstehend abgebildeten Apparates kann in der gleichen Probe das freie Wasser, das Hydratwasser und eventuell auch die Kohlensäure bestimmt werden. Der Apparat gestattet mit Hülfe der Wasserleitung, aus der ein constanter, schwacher Wasserstrom in eine Druckflasche (*A*) einfliesst, einen constanten Luftstrom herzustellen, der durch die mit Schwefelsäure und Kalibimsstein gefüllten Apparate *C* und *B* von dem grössten Theil des Wassers und der Kohlensäure befreit wird, während die folgenden zu passirenden Schwefelsäure- und Kaliapparate die letzten Spuren davon entfernen, so dass über das in einem ca. 35 cm langen Glasrohre aus schwer schmelzbarem Glase liegende Schiffchen absolut trockene[2]) und kohlensäurefreie Luft streicht, wie Controlversuche mehrfach zeigten.

Zum Zwecke der Wasserbestimmung in einer Mörtelprobe legt man das Glasrohr, welches die gleiche Form, wie das bei der Will-Varrentrap'schen Stickstoffbestimmung benützte, hat, in ein Luftbad (siehe Fig. 228), das man aus einem cylindrisch zusammengebogenen

1) Studien über Kalkmörtel und Mauerfeuchtigkeit. Arch. f. Hyg. Bd. IX. 1889. S. 147.

2) Beim Durchleiten durch concentrirte Schwefelsäure bleiben in einem Luftstrom noch immer minimale Wasserspuren zurück, die nur durch Phosphorsäureanhydrit entzogen werden können; diese Spuren sind aber für den vorliegenden Zweck ohne Belang.

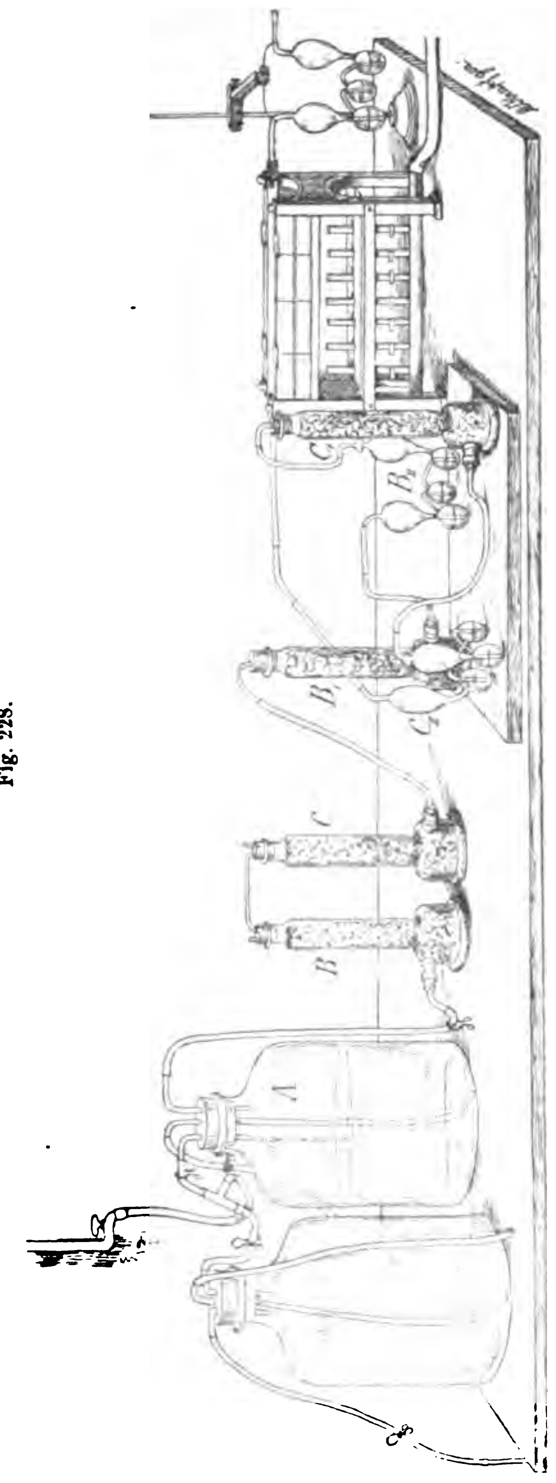
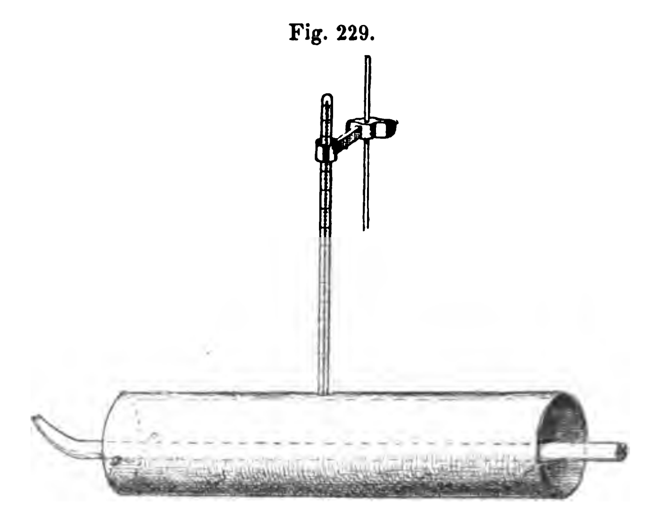


Fig. 228.

Kupferblech von der Länge der Glasröhre herstellt. Zwei durchgesteckte Eisendrähte bieten der Glasröhre genügenden Halt, ein durch eine Oeffnung an der oberen Seite der Kupferröhre hereinragendes Thermometer gestattet, die Temperatur des Luftbades, das auf einem Verbrennungsofen liegt, durch Anzünden von zwei ganz kleinen Gasflammen sehr leicht auf 105—110° zu halten. Ja es ist sogar möglich, die Temperatur höchstens um 2° während 1—2 Stunden schwanken zu lassen.[1])

Man kann das durch den warmen Luftstrom weggeführte Wasser in einer GEISSLER'schen 3 Kugel-Vorlage, die mit concentrirter Schwefelsäure gefüllt ist, auffangen. Da aber die Gewichtsabnahme

Fig. 229.



des Schiffchens und die Gewichtszunahme der Schwefelsäure auf 1 mg stimmen, so wird man, wenn gleichzeitig viele Bestimmungen des freien Wassers ausgeführt werden müssen und sich keine weiteren Analysen daran anschliessen sollen, ohne Vorlage von Schwefelsäure gleich eine ganze Reihe von Schiffchen (bis 4 Stück auf einmal) in das Trockenrohr einführen, um aus der Gewichtsabnahme jedes einzelnen den Wassergehalt der betreffenden Probe zu bestimmen.

Sind die zu untersuchenden Mörtelproben sehr feucht, so kommt es nicht selten vor, dass die Wägeröhrchen etwas Beschlag von

---

1) Hierdurch wird zwar nicht genau die Temperatur ermittelt, welcher der Mörtel selbst in der Glasröhre ausgesetzt ist. Doch kommt der hierdurch bedingte Fehler um so weniger in Betracht, als die Temperatur im Blechrohr um 10° C. schwankt.

feinen Wassertropfen zeigen. Dadurch sind keine Fehler bedingt, wenn das Schiffchen mit seinem getrockneten Inhalt nachher nur in das sorgfältig getrocknete Röhrchen gebracht und zurückgewogen wird. Wollte man das in Schwefelsäure aufgefangene Wasser in solchen Fällen allein als maassgebend betrachten, so würde man allerdings einen Fehler machen; es ist demnach stets, wenn die Methode, den Trockenrückstand zurückzuwiegen, einen grösseren Wassergehalt anzeigt, als der Gewichtszunahme der Schwefelsäure entspricht, die erstere Zahl als die richtige anzusehen.

Als Trocknungsdauer ist eine Stunde ausreichend, bei gleichzeitiger Trocknung mehrerer Proben soll man aber den Apparat nie unter 1½ Stunden in Thätigkeit lassen. Bei so lange dauernder Trocknung läuft die Druckflasche voll Wasser, sie wird dann rasch abgesperrt, eine zweite daneben stehende eingeschaltet und die erste durch Heberwirkung unterdessen entleert. Alle ¾ Stunden etwa muss ein Umschalten der Flaschen vorgenommen werden.

Zur Bestimmung des Hydratwassers muss der, wie vorhin beschrieben, vorher von freiem Wasser bei ca. 100° befreite Mörtel geglüht werden. Es wird zu diesem Zwecke die Schwefelsäurevorlage, die das freie Wasser aufgenommen hat, entfernt und verstöpselt bei Seite gestellt, das Kupferluftbad weggezogen, die Glasröhre auf eine eiserne Unterlage gelegt, eine neue Schwefelsäurevorlage vorgelegt und nun durch Anzünden mehrerer Flammen der Mörtel 1¼—1¾ Stunden in starkem Glühen erhalten. Dabei geht alles $Ca(OH)_2$ unter Wasseraustritt in CaO über, gleichzeitig wird auch vorhandener kohlensaurer Kalk in Aetzkalk verwandelt, das Austreiben der Kohlensäure stört aber das Resultat in keiner Weise, da ja das Hydratwasser durch die Gewichtszunahme der Schwefelsäurevorlage bestimmt wird.

c) Methode zur Bestimmung der Mauerfeuchtigkeit nach R. Emmerich.[1]

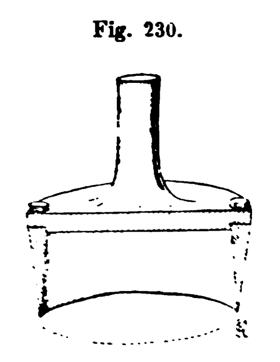
Mit Hülfe der obigen Methoden kann man nur ermitteln, wie viel Procent Wasser der Feinmörtel enthält, man kann aber keine Vorstellung darüber gewinnen, wie viel Wasser in dem gesammten inneren Mörtelbewurf eines Zimmers enthalten ist und wie viel Wasser noch verdampfen muss, damit das Zimmer als trocken bezeichnet werden kann. Die Methoden von Glaessgen, Lehmann und Nussbaum sind auch deshalb fehlerhaft, weil das unvermeidliche

1) Ueber eine neue Methode zur Bestimmung der Wandfeuchtigkeit. Arch. f. Hyg. Bd. XIV. 1892. S. 243.

Sieben einen Wasserverlust bedingt, welcher je nach dem Wassergehalt des Mörtels und dem Sättigungsdeficit der Luft grösser oder kleiner ist, und die Methode von Lehmann und Nussbaum ist auch noch mit einem weiteren Fehler behaftet, welcher darauf beruht, dass nach derselben der Wassergehalt des Gesammtmörtels unter Vernachlässigung des Wassergehaltes der Steine berechnet wird. Der Wassergehalt der Steine kann aber mehr als 3% betragen.

R. Emmerich[1]) hat nun eine Methode angegeben, durch welche die erwähnten Fehler vermieden werden und durch welche man neben dem procentigen Wassergehalt des Gesammtmörtels auch diejenige Wassermenge ermitteln kann, welche in dem Mörtelbewurf des ganzen Zimmers enthalten ist. Man verfährt zu diesem Zwecke folgendermaassen:

Fig. 230.



Man misst Länge, Breite und Höhe des Zimmers und benützt zur Entnahme der Mörtelproben eine Stanze aus Stahl (Fig. 230), auf deren massiver Grundplatte beliebig grosse cylinderförmige Stahlschneiden von 1, ½ oder ¼ □dcm grossem Querschnitt aufgeschraubt werden können.[2])

Diese Stanze wird mit ihrer Schneide auf die Mauerfläche gesetzt und durch einige wuchtige, auf den Stiel der Stanze geführte Hammerschläge durch den Mörtelbewurf hindurch bis auf die Steine in die Mauer getrieben. Die keilförmige Wandung der Stanze drängt die im Mörtel befindlichen Kieselsteine zur Seite und dringt deshalb leicht, ohne dass die Schneide schartig wird, bis auf die Mauersteine ein. Ist Letzteres geschehen, dann führt man auf die Seitenwand der Stanze einige leichte Hammerschläge und hebt die kreisrunde Mörtelscheibe heraus. Etwaige an den Steinen haftende Mörtelreste werden mit einem Meissel sorgfältig abgeflächt und in die Stanze gebracht. Ein Schaden wird hierdurch nicht verursacht, da die regelmässigen Defecte der Wand sehr leicht sofort mit Gyps ausgefüllt und verstrichen werden können. Diese mit den Stanzen entnommenen Mörtelproben werden in denselben zerrieben und, nachdem die Stanzen mit dicht schliessenden Deckeln verschlossen sind, ins Laboratorium transportirt.

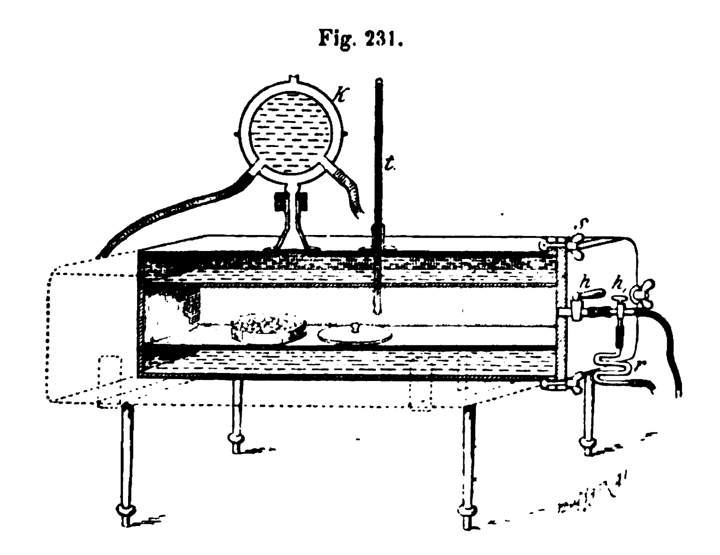
---

1) Münchener med. Wochenschr. 1892. Nr. 18.

2) Eine mit der Stanze ausgestochene 1 □dcm grosse Mörtelscheibe wiegt ca. 400 g und wird zu je 200 g in zwei Schalen vertheilt, während für eine 0,5 □dcm grosse Mörtelscheibe eine Schale ausreichend ist.

Dort vertheilt man den Inhalt einer jeden Stanze in ein oder zwei flache, trocken gewogene Nickelschalen (von 11 cm Durchmesser), bestimmt das Gewicht und stellt dieselben in den vorher angeheizten Vacuumapparat (Fig. 231.) Dieser Apparat[1]) ist nach dem Princip des SOXHLET'schen Schnelltrockenschrankes aus Kupfer hergestellt. Der Apparat ist doppelwandig und der Zwischenraum mit Wasser gefüllt, welches vermittelst eines Bunsenbrenners siedend erhalten wird, so dass der möglichst klein bemessene Innenraum von allen Seiten mit dem siedenden Wasser umgeben ist und an

Fig. 231.



allen Stellen die gleiche Temperatur besitzt. Ein SOXHLET'scher Kühler (K) verhindert das Verdampfen des Wassers, und ein luftdicht eingeführtes Thermometer (t) zeigt die Temperatur des Innenraums an.

Nachdem die Proben in den Apparat gestellt wurden, wird der Deckel fest aufgeschraubt und das Ausgangsrohr nach Einschaltung eines Dreiweghahnes (h_1) aus Glas mit einer Wasserstrahlluftpumpe in Verbindung gesetzt. Man sieht an der in der Glasröhre vor sich gehenden Condensation von Wasserdämpfen, ob noch Wasser entweicht, oder ob der Mörtel getrocknet ist. Da sich die breiten Grundflächen der Nickelschalen in direktem, leitendem Contact mit mit der auf 100° C. erhitzten Bodenfläche des Apparates befinden,

1) Der Apparat ist unrichtig gezeichnet, da selbstverständlich auch die hintere Wand doppelwandig sein muss.

so geht die Trocknung sehr rasch von statten und ist in der Regel nach 1 Stunde beendet. 1/4 Stunde nach dem Aufhören der Bethauung der Glasröhre unterbricht man die Verbindung mit der Wasserstrahlluftpumpe unter geeigneter Benutzung des Dreiweghahnes und lässt durch ein an den letzteren befestigtes, mehrfach U-förmig gebogenes, zum Theil mit Chlorcalcium und im Uebrigen mit Natronkalk gefülltes Rohr (r) wasser- und kohlensäurefreie Luft in den Apparat eintreten, öffnet den Deckel, bringt die Schalen in Exsiccatoren, wägt nach dem Erkalten und erfährt so den Wassergehalt des Gesammtmörtels.

Beispielsweise wurde der Wassergehalt einer Mörtelprobe zu 7 Proc. ermittelt. Das Zimmer hatte eine Breite und Länge von je 5 m und eine Höhe von 3,90 m, und der Wassergehalt des gesammten inneren Mörtelbewurfs (Zimmerdecke ausgenommen) ergab sich zu 238 Liter. Da Glässgen verlangt, dass der Mörtelbewurf eines Zimmers, wenn es trocken und bewohnbar sein soll, höchtens 1 Proc. Wasser im Feinmörtel enthält, so dürfte der innere Mörtelbewurf des untersuchten Zimmers, um dieser Forderung zu entsprechen, höchstens 24 Liter Wasser enthalten. Es müssten somit in diesem Falle noch 214 Liter Wasser aus dem Mörtelbewurf durch Verdampfen entfernt werden, damit das Zimmer trocken und bewohnbar wird.

Durch diese Art der Berechnung kann man in streitigen Fällen auch dem Richter und Laien leicht eine richtige Vorstellung von dem Feuchtigkeitszustand eines Raumes verschaffen, während derselbe mit der Angabe, dass der Mörtel des Zimmers 7 Proc. Wasser in Feinmörtel enthalte, wenig anzufangen vermag.

Da aber die Forderung Glaessgen's (nach welcher der Wassergehalt des Feinmörtels auf 1 Proc. gesunken sein muss, damit ein Raum als trocken und bewohnbar erklärt werden kann) zu streng erscheint, so dürfte es sich empfehlen, statt dessen einen Wassergehalt des Gesammtmörtels (mit dem Vacuumapparat bestimmt) von 2 Proc. als Norm der Trockenheit zu fordern.

Die Frage der Beurtheilung des Trockenheitsgrades von Mauern, Wohnräumen und Wohngebäuden ist gleich wichtig in hygienischer und wirthschaftlicher Beziehung. Alle Hygieniker stimmen darin überein, dass die in den civilisirten Staaten bestehenden gesetzlichen Vorschriften über die Beziehbarkeit von Neubauten ganz unzureichend sind und alltäglich Ungerechtigkeiten und wirthschaftliche, sowie namentlich Gesundheits-Schädigungen erheblicher Art zur Folge haben.

Diese Zustände müssen um so entschiedener getadelt und verurtheilt werden, als die experimentelle Hygiene schon seit 20 Jahren,

Dank der weitblickenden Initiative v. PETTENKOFER's, Methoden geschaffen hat, durch welche der Trockenheitsgrad eines Neubaues mit vollkommen genügender Sicherheit bestimmt werden kann.

Zur Ausführung derselben ist nichts nöthig als eine Wage, ein Trockenschrank und eine Wasserstrahlluftpumpe, also ein höchst einfacher Apparat, der primitiv genannt werden kann gegenüber einem Dampfkessel, den ein einfacher Heizer bedient und verwaltet. Ein einfacher Heizer, ein zuverlässiger Arbeiter, ohne chemische und physikalische Kenntnisse, mit normalem Durchschnittsverstand, also ein Diener, wie er in physikalischen, chemischen oder hygienischen Instituten Verwendung findet, wäre von einer Stadt mit einem Gehalte von etwa 2000 Mk. anzustellen, um die Untersuchungen von Mörtelproben aus Neubauten, in welchen er vorher gehörig unterrichtet wurde, auszuführen.

Die Beurtheilung der gewonnenen Resultate würde dem amtlichen Arzte anheimfallen, der sich von der Zuverlässigkeit derselben von Zeit zu Zeit durch eine leicht zu bewerkstelligende Controle überzeugen müsste.

In Städten, in welchen Untersuchungsanstalten für Nahrungsmittel bestehen, könnte die Untersuchung der Mörtelproben von diesen ausgeführt werden, was höchstens die Anstellung eines besonderen Assistenten hierfür nöthig machen würde.

An Stelle der gegenwärtig von den amtlichen Aerzten benützten, ganz subjectiven Methoden, welche dem persönlichen Ermessen und der momentanen Stimmung des Untersuchers einen weiten Spielraum lassen und demselben die Entscheidung einer in wirthschaftlicher und gesundheitlicher Beziehung so einschneidenden Frage überlassen, an Stelle dieser willkürlichen und oft unabsichtlich ungerechten Beurtheilung, welche den Schein eines Werthes nur mit Hülfe ihres amtlichen Charakters beim Publikum aufrecht erhält, würde die Objectivität und unantastbare Gerechtigkeit der einwandsfreien, wissenschaftlichen Methode treten, wenn man die oben beschriebene Methode zur Bestimmung der Wandfeuchtigkeit der Beurtheilung der Beziehbarkeit von Neubauten zu Grunde legen würde.

Die Bautechniker und Bauunternehmer würden sich bestreben, die Mittel und Maassnahmen des Trockenbaues ausgedehnter und sorgfältiger in Anwendung zu bringen, damit die Wohnungen bald nach Fertigstellung des Baues trocken und beziehbar sind, und ein grosser Gewinn an Geld und Gesundheit wäre die Folge, wenn die Beziehbarkeit lediglich vom Trockenheitsgrade, nicht aber von einer bestimmten „Austrocknungsfrist" abhängig gemacht würde.

2. Durchnässung des Neubaues durch Regen.

So lange sich ein im Bau begriffenes Wohnhaus noch nicht unter Dach befindet, ist dasselbe bei der in Deutschland üblichen Bauweise den atmosphärischen Einflüssen und namentlich auch dem Regen schutzlos ausgesetzt.

Ein einziger starker Schlagregen (30 mm Regenhöhe) schleudert im Verlauf einiger Stunden 3600 Liter Wasser gegen die 12 m hohe und 10 m breite Aussenmauer eines dreistöckigen Wohnhauses, und wenn man annimmt, dass die Hälfte des Wassers verdunstet, so gelangen immerhin 1800 Liter oder auf 1 □m Fläche 15 Liter Wasser in die Mauer.

Diese einfache Ueberlegung zeigt, dass bei länger dauerndem Regen das gesammte Mörtel- und Steinmaterial der Aussenmauern eines Neubaues vollständig mit Wasser gesättigt werden kann. Aber auch wenn das Haus unter Dach gebracht ist, kann, wenn man es unterlässt, sofort nach Fertigstellung des letzteren Dachrinnen und Abfallrohre anzubringen, ein einziger Regen die Aussenmauern wenigstens stellenweise vollständig durchnässen. In solchen Fällen wird, namentlich bei gewissen Dachconstructionen, die gesammte auf die grosse Dachfläche niederfallende Regenmenge auf die beiden Frontmauern geleitet und von diesen aufgenommen. Bei einem Ziegeldach beträgt z. B. für ein Gebäude von 100 □m Grundfläche bei der üblichen Dachneigung die Dachfläche 147 □m, und bei 30 mm Regenhöhe werden somit die beiden Frontmauern im Verlauf einiger Stunden, beim Fehlen von Dachrinnen und Abfallrohren, mit 4,41 Cubikmeter Wasser überschwemmt.

Die genügende Austrocknung eines solchen vollständig durchnässten Neubaues erfordert auch unter den günstigsten atmosphärischen Bedingungen sehr lange Zeit, und in den seltensten Fällen bleibt derselbe so lange unbewohnt, als zur ausreichenden Trocknung nöthig wäre. Sobald derselbe bewohnt wird, nimmt die Feuchtigkeit der Mauern, namentlich solcher, welche nicht ventilirte Wirthschaftsräume umschliessen, nicht ab, sondern successive zu, und die Folge ist, dass einzelne Mauern und Räume dauernd feucht bleiben.

In England weiss man sich gegen diese schlimmen Einflüsse der Witterung zu schützen, d. h. den Bau durch einfache Mittel ganz unabhängig davon zu machen, während man sie bei uns in Deutschland wie ein unabwendbares Verhängniss über sich ergehen lässt.

In England schützt man den Bau und die Arbeiter gegen Regen, Hagel oder Schnee durch die sogen. Tarpaulins (Theertücher,

welche, wie Fig. 232 zeigt, am Baugerüste befestigt, den Bau dachartig überdecken und so als Schutzdach für den ganzen Neubau dienen. Ausserdem bringt man solche Tarpaulins an den Umfassungsmauern, namentlich gegen die Wetterseite hin, zelt- oder vordachartig an, um der Mauer oder einzelnen Theilen derselben gegen atmosphärische Einflüsse einen besonderen Schutz zu gewähren.

Die Tarpaulins sind aus festen Leinenstoffen hergestellt und beiderseits mit Theer präparirt, absolut wasserdicht, auf lange Zeit haltbar und so ausserordentlich stark, dass sie auch durch heftige Stürme nicht gefährdet werden. Sie ertragen in Folge der doppel-

Fig. 232.



seitigen Theerung, wie wir uns selbst überzeugten, das Zusammenrollen und die grobe Behandlung beim Transport und Aufspannen ohne Schädigung.

Sie kosten sammt Stricken zum Festbinden und Gewichten zum Straffhalten fertig im Lager (bei Piggott Bros. & Comp. 57—59 Bishopsgate street without, London) etwa 3 Mark pro □m, werden aber auch von der Firma gegen mässigen Betrag (einige Mark pro Woche) ausgeliehen.

Die auf Seite 504 durch Zahlen belegte Thatsache, dass in Neubauten einzelne Wände und gerade jene der sogen. Wetterseite (in München die West- oder Nordwestwand) wesentlich feuchter zu sein pflegen und schwerer austrocknen, als andere nicht so sehr dem Regen ausgesetzte Mauern, sowie die Beobachtung Beutler's, dass

sich der Bewurf bei Regenwetter bis zu $^2/_3$ seiner Wassercapacität, die ca. 15 Proc. seines Volumens beträgt, zu sättigen vermag, zeigen zur Genüge, wie sehr der Regen die Austrocknung der Mauern erschwert und verzögert. Es bedarf daher keiner weiteren Worte, um zu zeigen, wie vortheilhaft und nützlich es ist, die erwähnten Schutzhüllen (Tarpaulins) für den ganzen Bau oder einzelne Mauern desselben rechtzeitig, solange der Neubau noch nicht unter dem Schutze des Daches sich befindet, anzubringen.

Die geringen Kosten, welche die Anschaffung der Theertücher und ihre Montirung erfordert, werden durch den Umstand, dass bei Regenwetter die Maurerarbeiten keine Unterbrechung erleiden, und durch den geringeren Bedarf an Heizmaterial, sowie die Vortheile in Bezug auf Gesundheit und Comfort des Wohnhauses reichlich wieder ausgeglichen.

Bei Staatsbauten sollte man mit gutem Beispiel vorangehen, und Baugeschäfte, Ziegeleien und Mörtelfabriken könnten durch leihweise Ueberlassung der Tarpaulins und des zugehörigen Rüstzeugs viel zur Popularisirung dieser so vortheilhaften Neuerung im Bauwesen beitragen. —

Auch beim Lagern der Bausteine an der Baustelle im Freien können dieselben bei starkem Regen ganz mit Feuchtigkeit gesättigt werden. Das Steinmaterial sollte daher während des Baues vor Regen geschützt aufbewahrt werden.

3. Anwendung von Wasser beim Bauen.

Die Steine sind durch das Brennen vollkommen trocken gemacht und durch das Scheuern und Reiben beim Transport mit ihrem eigenen Staube und bei langem Liegen auf der Baustelle noch mit Strassenstaub u. s. w. bedeckt. Wird ein solcher Stein ungereinigt und unangenässt mit gewöhnlichem Mörtel vermauert, so absorbirt der Stein und der Staub zu viel Wasser aus dem Mörtel und verhindert das Eindringen des Mörtels in die Poren des Ziegels, sowie eine innige Anlagerung und die vollkommene Adhäsion zwischen Mörtel und Stein. Solche Verunreinigungen wie Staub, Erde u. s. w. sind daher stets vor dem Vermauern von den Steinen zu entfernen, was entweder durch Abbürsten oder durch Wegschwemmen mit Wasser geschieht. Da nämlich der Erhärtungsprocess eines chemischen Mörtels, d. h. die hierzu nöthige Kohlensäureaufnahme nur dann genügend vor sich geht, wenn derselbe eine gewisse Zeit hindurch eine ausreichende Feuchtigkeit behält, so müssen die ge-

reinigten Steine vor dem Mauern auch genässt werden, was aber häufig in übertriebener Weise geschieht, so dass hierdurch unnöthig viel Wasser in die Mauer gelangt.

Das Nässen der Steine geschieht entweder durch Begiessen (Wien), durch kürzeres oder längeres Eintauchen in Wasser (Norddeutschland) oder durch Bestreichen der Steine mit feuchtem Pinsel (München). Die letztere Methode ist jedenfalls am meisten zu empfehlen, da sie die Gewähr bietet, dass nicht zu viel Wasser in die Steine gelangt. Wenn auch bei sehr porösen Steinen oder bei nicht scharf gebrannten Mauerziegeln eine stärkere Durchfeuchtung durch Begiessen oder Eintauchen als nothwendig bezeichnet wird, so lässt sich der gleiche Effect doch auch durch Anwendung eines dünneren Mörtels (wie in München üblich) erreichen, was, da hierbei eine bestimmt bemessene Wassermenge in Anwendung kommt, rationeller ist, als wenn man, wie beim Eintauchen und Begiessen, die Bemessung der anzuwendenden Wassermenge den Arbeitern überlässt.

Nach v. Pettenkofer beträgt die durchschnittliche Gewichtszunahme, welche gutgebrannte Backsteine durch Benetzen, Uebergiessen und Eintauchen während des Baues erfahren, mindestens 5 Proc., so dass sich, wenn beispielsweise zu einem Baue 200 000 Ziegelsteine (1 Ziegelstein — 5 Kilo) nöthig waren, diese ca. 50 000 Liter Wasser absorbiren würden. Da die bei der Mörtelbereitung verwendete Wassermenge mindestens ebenso gross ist, so würde ein solcher Bau ca. 90 000 bis 100 000 Liter Wasser benöthigen.

Auch die unter Umständen durch Capillarattraction aus dem Boden in die Mauern gelangenden Wassermengen müssen in Betracht gezogen werden, wenn es sich um die Abschätzung der Wassermengen handelt, die ein Neubau während des Baues aufnimmt.

Nimmt man nun die mittlere Jahreswärme zu 10° C. und den mittleren Feuchtigkeitsgehalt der Luft bei dieser Wärme zu 75 Proc. relativer Feuchtigkeit, so ergiebt sich, dass ein Cubikmeter Luft bis zur vollen Sättigung mit Wasserdunst nur 2,4 g Wasser noch aufnehmen kann; es brauchen also 90 000 bis 10 0000 kg Wasser mehr als 35 Millionen Cubikmeter Luft. Da nun nur die unmittelbar über eine feuchte Fläche ziehende Luft, also eine ganz dünne Schicht sich mit Wasser sättigen kann und das Wasser sich allmählich auf die Oberfläche ziehen muss, so darf es nicht Wunder nehmen, dass es oft Jahre erfordert, bis die Mauern trocken werden, besonders da ihnen durch das Bewohnen auch immer neue Wassermengen zugeführt werden, und dass der Austrocknung durch künstliche Mittel,

besonders Heizen und Ventiliren, nachgeholfen werden muss, also gleichzeitig durch Erwärmung und Wechsel der Luft. Ein geregeltes Heizen in Verbindung mit geregeltem Luftwechsel ist der einzig richtige Weg, die Austrocknung zu befördern (v. Pettenkofer).

Diese Ueberlegungen zeigen ferner, dass die Bautechnik die zahlreichen neueren Hülfsmittel und Materialien zur Herstellung trockener Bauten (Kalkcementmörtel, Gypsdielen u. s. w.) consequenter, als dies bisher geschah, in Anwendnng bringen sollte.

4. *Die Austrocknung der Neubauten.*

Nach Auftragung des Mörtelverputzes vollzieht sich ein eigenthümlicher, sehr bemerkenswerther Vorgang in der Mauer. Der Wassergehalt des Verputzmörtels nimmt im Verlauf von 24 Stunden um circa 8 Proc. ab, jedoch nicht durch Verdunstung des Wassers, sondern dadurch, dass diese gesammte Wassermenge von den Mauersteinen durch Capillarattraction aufgesogen wird.

Um den Austrocknungsvorgang an Mauern zu studiren, errichteten Lehmann und Nussbaum in einem Kellerraum und in einem im ersten Stock gelegenen Zimmer zwei freistehende Mauern aus Façaden- (Maschinen-) Ziegeln und Mörtel, welcher aus 4 Theilen reinem (je 33 Proc. Grobsand, Mittel- und Feinsand, sowie 0,2 Proc. Feinkies enthaltenden) Quarzsand und 1 Theil gelöschtem dickbreiigem Aetzkalk bereitet war. Die senkrechten Mörtelfugen waren 1,4—2,4 cm, die horizontalen 1,4—2,5 cm stark.

Die Länge jeder Mauer betrug 123 cm, die Dicke 31—32 cm, die Höhe 60 cm, die Gesammtmasse 0,221 cbm.

Im Kellerraum schwankte die Temperatur im Winter zwischen 6—8° C., im Sommer zwischen 10—14°, die (relative) Luftfeuchtigkeit bewegte sich zwischen 86—99 Proc., so dass also ein sehr kleines Sättigungsdeficit vorhanden war.

In dem nach Süden gelegenen Zimmer, in welchem sich die andere Mauer befand, schwankte die Temperatur im Winter zwischen 6 und 18°, im Sommer zwischen 15—25° und die relative Feuchtigkeit zwischen 41 und 57 Proc. Das Sättigungsdeficit war also ein hohes.

Der Mörtel der Kellermauer enthielt bei seiner Verwendung zum Bau 22 Proc. Wasser, jener der Laboratoriumsmauer wahrscheinlich ebenfalls 20—22 Proc. Wasser.

Am nächsten Tage enthielt:

	Laboratoriums-mauer	Keller-mauer
Calciumoxyd	8,60 Proc.	8,70 Proc.
Freies Wasser	12,86 =	14,20 =
Hydratwasser	2,92 =	2,80 =
Kohlensäure	0,25 =	0,21 =

Von einem Tag auf den anderen hatte sich also der Wassergehalt des Putzmörtels der Kellermauer von 22,2 auf 14,2, derjenige der Laboratoriumsmauer auf 12,86, ersterer also um 36 Proc., letzterer um 42 Proc. erniedrigt.

So viel Wasser konnte nun aber zumal im Keller nicht verdunstet sein, da nach diesem ersten Wasserverlust der Wassergehalt des Kellermörtels lange ganz unverändert blieb und auch bei der Laboratoriumsmauer nur wenig abnahm. Diese grosse Wassermenge musste also von den Steinen aufgenommen, d. h. in dieselben durch Capillarattraction gelangt sein, sie hatten sich mit Wasser vollgesogen, der Mörtel hatte „angezogen".

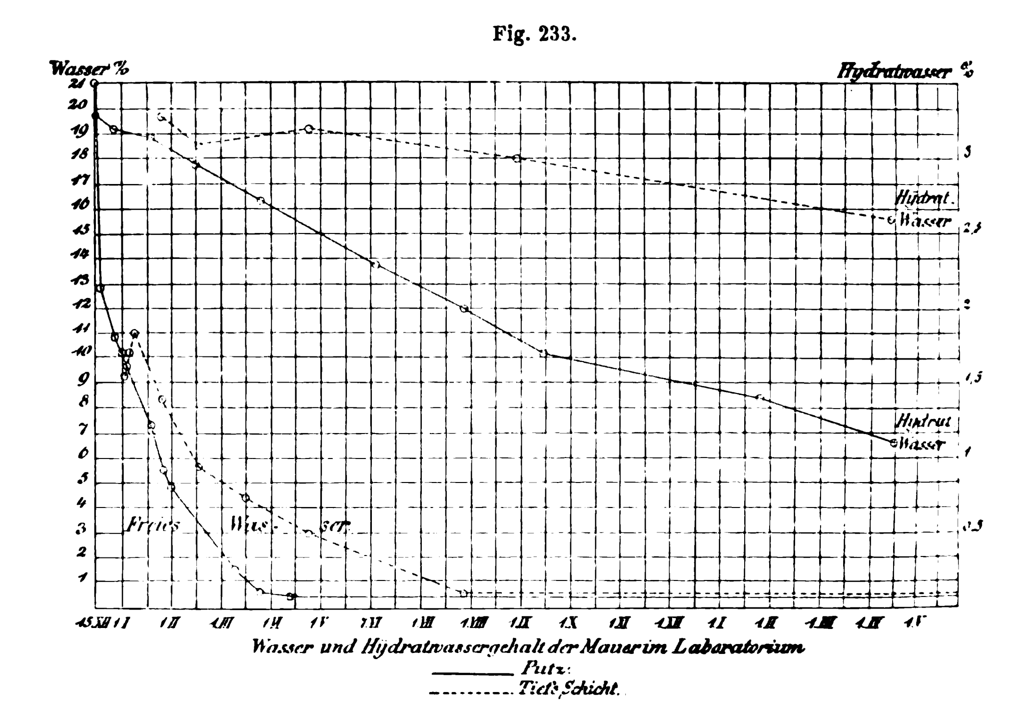
Die Mauer hatte ein Volumen von 0,221 cbm, sie bestand aus 56 Steinen, die ein Volum von 0,134 cbm besitzen, und folglich aus 0,087 cbm frischem Mörtel. 1 cbm Mörtel wiegt frisch 1900 kg, also 0,087 = 165,3 kg. Darin waren bei der Anlage 22,2 Proc. Wasser, d. h. 36,67 kg. 56 lufttrockene Steine vermögen 38,53 kg Wasser aufzunehmen. Der Wassergehalt des Mörtels im Keller betrug 1 Tag nach dem Mauern 14,2 Proc., es hat somit der Wassergehalt um 8 Proc. abgenommen. Es sind also 13,3 kg Wasser aus dem Mörtel an die Steine übergegangen, was bei einem Gewicht der trockenen Steine von 240,8 kg hinreicht, um den Wassergehalt derselben um 5,5 Proc. zu erhöhen.

Der weitere Gang der Austrocknung dieser im Laboratorium befindlichen Mauer d. h. das Verhalten des freien Wassers und des Hydratwassers ergiebt sich aus den folgenden Curven (S. 502).

Dieselben zeigen, dass in einer Zeit von 4 Monaten der Wassergehalt der Putzschicht ziemlich gleichmässig auf 0,3—0,4 Proc. sank, und dass eine weitere Austrocknung unter diesen Wassergehalt in Zimmerluft nicht stattfindet. In den tieferen Schichten der Mauer geht die Austrocknung etwas langsamer vor sich, insofern der Wassergehalt des aus der Tiefe stammenden Fugenmörtels in den ersten 4 Monaten durchschnittlich um etwa 3 Proc. höher war, als jener des Verputzmörtels. Dementsprechend hatten die tiefen Schichten erst nach 6½ Monaten den höchsten Grad der Trockenheit (0,4 Proc.) erreicht.

Der Hydratwassergehalt, welcher einige Tage nach der Erbauung der Mauer zu 3,3 Proc. bestimmt wurde, zeigte im Verlauf der nächsten Monate eine sehr langsame, aber gleichmässige Abnahme. Nach 1 Monat betrug derselbe noch 3 Proc., nach 5 Monaten 2,5 Proc. Etwa 67 Proc. des Aetzkalkes sind in dieser Zeit sogar im Putzmörtel noch frei vorhanden, obgleich der Mörtel schon 2—3

Fig. 233.



Wasser und Hydratwassergehalt der Mauer im Laboratorium.
——— Putz.
- - - - Tiefe Schicht.

Monate vorher als vollkommen trocken zu bezeichnen ist. Die weitere Sättigung des Aetzkalkes geht ebenfalls sehr langsam von statten, insofern 10 Monate nach der Erbauung immer noch 1,3—7,8 Proc. Hydratwasser, 13 Monate danach auch noch 1,3 Proc. und erst im sechzehnten Monat 0,88 Proc. gefunden wurden.

Der langsamen Abnahme des Hydratwassergehaltes entsprechend, stieg auch der Kohlensäuregehalt des Mörtels sehr langsam an.

Erst nach 2 Monaten war der Verputzmörtel in seiner ganzen Dicke fest geworden, aber mit Ausnahme der ½ cm mächtigen Hautschicht noch leicht mit den Fingern zerdrückbar. Im neunten Monat erst war die Putzschicht 1 cm tief steinartig erhärtet.

Diese Beobachtungen bestätigen also die längst bekannte Thatsache, dass die Mauer, während sie an Trockenheit zunimmt, auch an Festigkeit gewinnt, dass aber Trockenheit und Festigkeit einer Mauer nicht zwei sich deckende Begriffe sind, da ohne Kohlensäureaufnahme der Mörtel nur zu einer wenig festen, leicht zerdrückbaren Masse austrocknet, während steiniges Erhärten nur so weit stattfindet, als eine beträchtlichere CO_2-Aufnahme reicht.

Auf den Verlauf der Austrocknung eines Neubaues unter natürlichen Verhältnissen üben, wie GLÄSSGEN feststellte, in erster Linie die Jahreszeit, dann aber verschiedene andere Umstände, z. B. die Behinderung des Luftzutritts zu den Mauern u. s. w., einen wesentlichen Einfluss aus. Weiterhin ist die Orientirung der Wände (Himmelsrichtung) für die Austrocknung von wesentlichem Belang, und selbstverständlich ist dieselbe auch in den einzelnen Stockwerken je nach Besonnung, Lüftung u. s. w. verschieden.

Die folgenden Zahlen geben nach LEHMANN und NUSSBAUM allerdings nur für den Feinmörtel[1]), ein Bild vom zeitlichen Verlauf des Austrocknens eines im Juni 1886 begonnenen, Mitte December im Rohbau fertiggestellten und im April und Mai 1887 mit Verputz versehenen Schulhausbaues. Die Mörtelproben wurden vom inneren Verputz des dritten Stockwerkes entnommen. Vom October ab waren die Schulsäle mit Kindern reichlich besetzt, trotzdem trockneten die Wände im Verlauf der nächsten Monate in Folge des günstigen Einflusses von Heizung und Ventilation (System BECHEM und POST) vollständig aus.

Durchschnittsgehalt von Putz- und Fugenmörtel der Aussenmauern	Freies Wasser	
	Gesammtmörtel	Feinmörtel
	Proc.	Proc.
vom 22. und 28. Juni 1887	5,6	11,5
am 13. September	3,4	6,1
am 28. Januar 1888	0,8	1,3
am 4. April	1,2	2,1

GLÄSSGEN fand, dass unter gewöhnlichen Verhältnissen die Austrocknung der Neubauten im Winter wesentlich langsamer erfolgt, als im Sommer, was von vornherein zu erwarten war, da die Sommerluft in Folge ihrer hohen Temperatur und ihres grossen Sättigungs-

1) LEHMANN und NUSSBAUM rechnen diese Zahlen auch auf steinhaltigen Gesammtmörtel um, was aber zu sehr ungenauen Zahlen führt.

deficits viel mehr Wasser aufzunehmen vermag, als die kalte Winterluft mit ihrem geringen Sättigungsdeficit. Ausserdem hat der Sommer meistens weniger Tage mit Niederschlägen, als der Winter, und der hohe Stand der Sonne im Sommer muss die Austrocknung ebenfalls günstiger beeinflussen, als die mehr schräg auffallenden Sonnenstrahlen während des Winters.

Der Einfluss der Orientirung der Wände auf den Wassergehalt des inneren Mörtelbewurfs ergiebt sich aus der Thatsache, dass Glässgen den Wassergehalt der Westseite während des Austrocknungsprocesses durchschnittlich immer höher fand, als den der Ostseite. Auch Lehmann und Nussbaum stellten fest, dass die Nordwestfaçade des Hauses entschieden feuchter war, als die Südostfaçade: so ergab das Mittel für die dritte Etage aus gleichzeitigen an beiden Façaden entnommenen fünf Putz- und fünf Fugenmörtel-Analysen 2,80 Proc. freies Wasser auf der SO-Seite und 3,85 Proc. freies Wasser auf der NW-Seite. Die Ursache hiervon liegt darin, dass Westwinde in München Schnee oder Regen zu bringen pflegen, welchen die Nordwestfaçade selbstverständlich mehr exponirt ist, als die Südostseite, und ausserdem wurde die Austrocknung durch die grössere Besonnungsdauer an der Südostfaçade befördert.

Der Regen vermag den Wassergehalt des Putzmörtels einer nicht genügend (durch das Dach u. s. w.) geschützten Mauer um 2 bis 5 Proc., bei längerer Dauer aber jedenfalls noch mehr zu erhöhen und unter Umständen eine solche Mauer dauernd feucht zu machen. Die folgenden Untersuchungsresultate von G. Beutler [1]) lassen dies deutlich erkennen:

Wassergehalt des Putzmörtels in Procent.

Entnahmestelle	Gartenmauer (feucht anzufühlen) 50 Jahre alt	Gartenmauer (feucht anzufühlen) 100 Jahre alt	Thormauer 200 Jahre alt	Südwand eines Hauses ca. 40 Jahre alt	Freistehende Mauer (nass anzufühlen) über 200 Jahre alt
Trockenes od. veränderliches Wetter	31. I. 88. 3,77	10. XII. 88. 3,09	10. VII. 88 3,21	1. II. 88 2,673	10. VII. 88. 9,79
Regenwetter	11. VII. 88. 5,97	7. II. 88. 6,735	8. II. 88 5,512	11. VII. 88 7,902	10,742
Differenz	2,20	3,645	2,302	5,229	0,952

1) Untersuchungen über den Gehalt der Mauern an Aetzkalk und freiem Wasser. Würzburg, k. b. Hofbuchdruckei von B. Bauer. 1890. S. 9 u. 17.

Aus diesen Zahlen folgt, dass der Wassergehalt des Verputzes bei trockenem Winterwetter ca. 2—3 Proc. (bei trockenem Sommerwetter wahrscheinlich nur 1/2 Proc.) beträgt; bei veränderlichem Wetter schwankt er zwischen 3—4 Proc., und bei Regenwetter sättigt sich der Bewurf bis zur Hälfte, ja bis zu 2/3 seiner Wassercapacität, die ca. 15 Proc. seines Volumens beträgt.

Bei trockenen Mauern wird diese zeitweise Durchnässung des äusseren Bewurfs ausser der Verminderung der Ventilationsgrösse und der Beeinträchtigung der Wärmeökonomie der Innenräume keine Unannehmlichkeiten für die Bewohner zur Folge haben; denn der Wassergehalt der inneren Wandschicht (innerer Verputz) wird bei trockenen Mauern durch Regenwetter nicht beeinflusst und beträgt nicht mehr als 0,4—0,7 Proc. (Beutler).

Dagegen macht sich bei Neubauten der Einfluss des Regens auch im Wassergehalt des inneren Wandverputzes bemerklich, insofern der Wassergehalt des inneren Verputzmörtels bei Aussenmauern stets grösser ist, als bei den der Einwirkung des Regens entzogenen Innenmauern (im Mittel von 11 Analysen 2,8 Proc. gegen 2,4 Proc.), und die Untersuchungen von Beutler beweisen aufs Neue den grossen Werth eines übergreifenden Daches, welches die Aussenmauern bis auf den Grund herab schützt, da freistehende Mauern, wie Gartenmauern (siehe obige Tabelle), meist dauernd feucht befunden werden.

Von praktischem Werth ist die Beobachtung, dass die der Windbewegung und Besonnung mehr exponirten oberen Etagen eines Neubaues gewöhnlich trockener sind, als die unteren, obgleich die letzteren (weil früher erbaut) eine längere Trocknungszeit hinter sich haben.

Lehmann und Nussbaum fanden im Fugenmörtel eines Schulhaus-Rohbaues folgenden Gehalt an freiem Wasser:

Erdgeschoss	4,6 Proc.
1. Etage	3,0 „
2. Etage	3,3 „
3. Etage	2,7 „

Zum Theil ist dieses Verhalten der Feuchtigkeit auch darin bedingt, dass das Wasser innerhalb des Mauerwerks allmählich herabsickert und sich in den unteren Geschossen zu sammeln pflegt. Man kann dies, wie schon früher erwähnt, oft an den oberhalb von Isolirschichten (Asphalt-Bleiplatten-Einlagen u. s. w.) gelegenen Mauertheilen beobachten, welche gewöhnlich deutliche Zeichen von Feuchtigkeit erkennen lassen. Ausserdem trocknen die Mauern der oberen

Geschosse auch deshalb rascher aus, weil sie der geringeren Belastung halber eine geringere Dicke haben, als die Mauern der unteren Geschosse (vgl. S. 118).[1])

5. Maassnahmen zur Herstellung rasch trocknender Neubauten.

Die baupolizeilichen Vorschriften über die Austrocknungsfrist und Beziehbarkeit von Neubauten entsprechen weder in Deutschland, noch in den anderen europäischen Staaten den hygienischen Anforderungen, und leider finden die wissenschaftlich festgestellten Thatsachen über die zur Erzielung trockener Wohnungen nöthigen Maassnahmen in der Baupraxis kaum Beachtung.

Die an vielen Orten gültige Vorschrift, dass mit dem Verputz der Wandflächen erst acht Wochen nach Vollendung des Neubaues begonnen werden darf, ist, wie Nussbaum[2]) in einer sehr beachtenswerthen Abhandlung zeigte, in den meisten Fällen völlig bedeutungslos, weil die herrschenden Witterungsverhältnisse für die Dauer der Frist unberücksichtigt gelassen werden.

Es wäre, wenn man sich mit der Festsetzung solcher Fristen überhaupt begnügen will, jedenfalls rationeller, nach vollständiger Fertigstellung des Gebäudes eine zweite Austrocknungsfrist anzuordnen und gleichzeitig zu fordern, dass während derselben eine tägliche, ausgiebige Beheizung und Durchlüftung aller bewohnten Räume des Gebäudes erfolgen muss, da hierdurch die ausreichende Austrocknung sicherer erzielt werden kann. Nussbaum macht mit vollem Recht darauf aufmerksam, dass vom volkswirthschaftlichen Standpunkte solche Fristen entschieden zu beanstanden sind. In Deutschland wird jährlich für den Wohnhausbau mehr als eine Milliarde verausgabt, und diese gewaltigen Summen liegen während der Herstellung der Gebäude bis zu deren Beziehen unverzinst. In Folge dessen ist es nothwendig, rasch zu bauen, schnell auszutrocknen und die eben vollendeten Wohnungen zu beziehen.

Dieser volkswirthschaftlichen Forderung durch gesetzliche Bestimmungen hemmend entgegenzutreten, wird daher auf die Dauer wohl kaum gelingen.

Es ist daher das einzig Richtige, von diesbezüglichen Bestimmungen ganz abzusehen und die Beziehbarkeit

---

1) Siehe auch Chr. Nussbaum: Ein Beitrag zu den Trockenheitsverhältnissen der Neubauten. Arch. f. Hyg. Bd. 17. 1893. S. 18.

2) l. c. S. 21.

der Neubauten lediglich von deren Trockenheit abhängig zu machen, d. h. zu verlangen, dass ein Neubau erst dann bezogen werden darf, wenn die nach der auf S. 492 beschriebenen Methode ausgeführte Wasserbestimmung ergibt, dass der Wassergehalt des inneren Verputzmörtels nicht mehr als 2 Proc. beträgt.

Die hierbei nöthigen Untersuchungen könnten auch in einer grossen Stadt von einem von der Stadtgemeinde angestellten Chemiker leicht bewältigt werden, da derselbe bei geeigneter Einrichtung und Grösse der Trocknungsapparate leicht 100 Wasserbestimmungen im Tage auszuführen im Stande ist. Eine derartige Bestimmung, welche an Stelle des subjectiven Ermessens und der Willkür die sichere Entscheidung durch die wissenschaftliche Untersuchung setzt und das frühzeitige Vermiethen der Wohnungen allen denen gestattet, welche die zur Verfügung stehenden Mittel der Herstellung rasch trocknender Wohnhausbauten zur Anwendung bringen, würde zur allgemeinen Befriedigung gereichen und von der segensreichsten Wirkung auf die Gesundheitsverhältnisse in Neubauten sein.

Nach NUSSBAUM[1]) sind von den Maassnahmen, welche eine rasche Austrocknung und Beziehbarkeit der Neubauten ermöglichen, namentlich die folgenden, immer noch wenig geübten, der allgemeinen Beachtung zu empfehlen.

Nachdem die Umfassungswände unter Berücksichtigung der in den vorausgehenden Capiteln erörterten Anforderungen (namentlich der Ansprüche an Wärmeleitung und Wärmeaufspeicherung u. s. w.) hergestellt sind und die Dacheindeckung als Schutz gegen Niederschläge vollendet ist, führt man im Innern der Räume eine weitere, sehr dünne Wand parallel den Umfassungsmauern vor diesen auf, welche von ihnen völlig durch eine Luftschicht getrennt ist oder doch nur durch eiserne Anker, Spangen u. dgl. mit ihnen in Zusammenhang steht, durch welche ein Ueberleiten von Feuchtigkeit nicht möglich ist. Um ein rasches Austrocknen dieser dünnen Wand zu erzielen und zugleich den Wärmebedarf und die Wärmeableitung derselben gering zu gestalten müssen, möglichst luftdurchlässige Stoffe zur Herstellung gewählt werden. Hierzu sind die schon mehrfach erwähnten hochporösen Ziegel und namentlich die rheinischen Schwemmsteine (aus Bimsstein und Mörtel) geeignet. Es wäre jedoch wünschenswerth, dass diese Steine in geringerer Dicke

1) l. c. S. 23.

preiswerth in den Handel gebracht würden, da eine Dicke derartiger Mauern von 5—7 cm vollauf genügen würde, während man gegenwärtig gezwungen ist, dieselben doppelt so stark herzustellen. Durch die sicher zu erwartende Ausführung dieses Vorschlages würden sowohl die Kosten des Baues ermässigt, als Raum erspart und die Austrocknungsfrist auf die Hälfte der Zeit erniedrigt werden.

Wo sehr billig gebaut werden muss, genügt es, anstatt einer solchen Mauer, den Verputz im Innern durch eine Luftschicht getrennt frei vor den Aussenmauern anzubringen. Dies geschieht in der Weise, dass zunächst Holzleisten auf der Wand befestigt und über diesen, also um deren Dicke von der Wand getrennt entweder ein Leistenwerk oder Schalung mit Rohrung oder Drahtgewebe angebracht wird, auf welche man den Putzmörtel alsdann aufträgt. Die Austrocknung dieser dünnen Wände erfolgt erfahrungsgemäss auch bei ungünstigen Witterungsverhältnissen mit der Vollendung des Gebäudes, und durch diese „Vorwände" wird zugleich das Klima der Räume nahezu unabhängig von dem Wassergehalte der eigentlichen, tragfähigen Aussenmauern gemacht, d. h. an Heizstoffen wesentlich gespart und auch das Sommerklima gemildert. Ausserdem dringt der Lärm der Strasse weit weniger in die Räume ein, das Beziehen der Wohnungen wird, früher ermöglicht und die Ersparung an Heizstoffen reicht vollauf hin, das angelegte Kapital zu verzinsen.

Weitere wesentliche Vortheile für die baldige Benutzbarkeit der Wohnhausbauten lassen sich durch die Verwendung von Kalkcementmörtel statt des gewöhnlichen Kalkmörtels erzielen. Die folgenden Ausführungen stellen einen dringend nothwendigen Nachtrag zu dem Capitel Mörtel S. 70 dar, in welchem des Kalkcementmörtels als einer wichtigen Erfindung im Hochbauwesen zwar gedacht, die grosse Bedeutung desselben für den Trockenbau aber nicht genügend erörtert wurde. Es ist ein Verdienst R. Klette's[1], auf die grossen technischen und hygienischen Vorzüge des aus der Mischung von Luftkalk und Cement entstehenden Kalkcementmörtels, „dieses echten Kindes neuzeitiger Industrie", schon frühzeitig mit allem Nachdruck hingewiesen zu haben.

Der Vorzug der hydraulischen Kalke beruht in erster Linie auf der Verschiedenheit des Erhärtungsvorganges zwischen diesem und dem Luftmörtel. Die Erhärtung der hydraulischen Kalke wird verursacht durch die Anwesenheit aufgeschlossener, d. h. löslicher Kiesel-

1) Der Trockenbau. Anleitung zur Ausübung desselben im bürgerlichen Hochbau. Halle a. S., Verlag von Wilh. Knapp. 1889. S. 19.

erde. In diesen Zustand kann die Kieselerde durch Glühen mit kohlensaurem Kalk und Thon übergeführt werden. In den natürlichen hydraulischen Kalken und Cementen ist diese Beschaffenheit durch natürliche Vorgänge vorbereitet. Bei den Fabrikaten dieser Art wird sie auf künstlichem Wege eingeleitet. Das Hartwerden des Wassermörtels besteht, wie schon früher erwähnt, im Wesentlichen darin, dass sich unter Mitwirkung des Wassers ein Kalksilicat bildet. In hygienischer Beziehung ist es nun von Wichtigkeit, dass der hydraulische Mörtel, und namentlich der Cement, das vorhandene Wasser nicht wie der Luftmörtel abgibt, indem ein langandauernder Austrocknungsvorgang erfolgt, sondern dass er fortgesetzt Wasser aufsaugt und bindet und dasselbe sowohl den eingebetteten Steinen wie der umgebenden Luft entzieht, so dass er sich, so zu sagen, gesundheitlich indifferent verhält.

Dazu kommt noch eine Eigenschaft, welche die Kalkcementmischungen als besonders vortheilhaft für den Austrocknungsverlauf der Neubauten erscheinen lassen: Man kann denselben weit höhere Sandzusätze geben, als reinem Kalkbrei, und erzielt dennoch eine grössere Festigkeit, als bei letzteren in dichtester Mischung. In Folge dessen wird eine bedeutend höhere Luftdurchlässigkeit des Mörtels erreicht, durch welche, wie Nussbaum [1]) meint, das Austrocknen des Mauerwerks wie des Wandputzes ganz erheblich gefördert wird.

Da aber bei neu errichteten Mauern in Wirklichkeit bei den in Betracht kommenden Kräften wenn überhaupt, so doch äusserst geringe Luftmengen durch die Poren der Mauern hindurchgehen, so dürfte die thatsächlich zu beobachtende rasche Trocknung anderen Ursachen (ausser den schon erwähnten) zuzuschreiben sein.

Jedenfalls ist es aber eine Thatsache, dass die Verwendung des Kalkcementmörtels sowohl für die Standfestigkeit und Dauerhaftigkeit des Mauerwerks, wie für die rasche Trocknung des Baues so erhebliche Vortheile bietet, dass die Mehrkosten des Cementes gegenüber dem Kalk nicht in Betracht kommen, zumal man durch hohen Sandzusatz den Preis des Mörtels erheblich vermindern kann.

Werden nun auch für die Herstellung der Zwischenwände und Zwischendecken [2]) trockene, oder rasch trocknende Materialien und Constructionen angewendet, so kann mit Zuhülfenahme der Heizung und Lüftung ohne Zweifel eine für die Beziehbarkeit ausreichende

---

1) l. c. S. 38.

2) Vergleiche in dieser Beziehung S. 188 u. d. f. und R. Klette, „Der Trockenbau" l. c., sowie Nussbaum's Ausführungen im Archiv f. Hygiene. Bd. 17. S. 17 u. s. w.

Trockenheit der Wohnräume erzielt werden, bis der innere Ausbau vollendet ist. Ein solcher Neubau, welcher wenige Wochen nach Fertigstellung aller Arbeiten bezogen werden kann, wird dabei in vollkommenerer Weise den hygienischen Anforderungen entsprechen, als ein nach gewöhnlicher Art aufgeführter Neubau, trotz monatelanger Austrocknungsfrist.

LÜFTUNG DES HAUSES

VON

PROF. DR. G. RECKNAGEL
IN AUGSBURG.

ERSTER THEIL.

Veränderungen der Athemluft in bewohnten Räumen.

§ 1. *Wirkung des Athmungsprocesses auf eine begrenzte Luftmasse.*

Es darf als bekannt vorausgesetzt werden, dass eine bestimmte abgeschlossene Luftmenge, in welcher Menschen athmen und ausdünsten, an freiem Sauerstoff ärmer, dagegen reicher an Kohlensäure und Wasserdampf wird und überdies noch solche Gase aufnimmt, welche einen üblen Geruch haben. Man vermuthet überdies, dass Menschen und Thiere eine giftige organische Substanz ausscheiden, welche man speciell als Athemgift bezeichnet.

Die fortgesetzte Verarmung der Athemluft an dem zum Leben nothwendigen Sauerstoff, ihre gleichzeitige Bereicherung mit der in grösseren Mengen giftig wirkenden Kohlensäure und vielleicht auch das Anwachsen des chemisch noch nicht hinreichend definirten Athemgiftes führen in angebbarer Zeit den Tod herbei.

Besondere Versuche, welche in dieser Beziehung angestellt sind, sowie die Erfahrungen der Bergarbeiter lehren, dass Luft, welche acht Volumenprocent Kohlensäure enthält, dem Athmenden sofort Uebelbefinden verursacht, auch wenn dieser Gehalt durch Beimischung reiner Kohlensäure zur Luft entstanden ist. — Ist aber die Kohlensäure durch Athmung auf Kosten des Sauerstoffs der Luft entstanden, so genügen schon 4 Proc., um die gleiche Wirkung hervorzubringen. Im ersten Falle bestehen 100 cbm Luft aus 8 cbm CO_2, 18,4 cbm Sauerstoff und 73,6 cbm Stickstoff; im zweiten Falle aus 4 cbm CO_2, 16 cbm Sauerstoff und 80 cbm Stickstoff.

Man hat also im zweiten Falle 4 Proc. Kohlensäure weniger, dabei aber eine abnorme Zusammensetzung der übrigen Luft, in welcher, verglichen mit der normalen Mischung, 3,2 Proc. Sauerstoff fehlen und ebensoviel Stickstoff zu viel ist.

§ 2. *Wie lange kann man es in einem luftdicht abgeschlossenen Raume aushalten? Einfluss des Luftcubus.*

Es soll nun durch eine quantitative Betrachtung der Zusammenhang ermittelt werden, welcher zwischen der Grösse (k) eines luftdicht abgeschlossenen Raumes, der Anzahl (p) der in dem Raume anwesenden Personen, der Menge (l Liter) der Kohlensäure, welche jede derselben stündlich abgiebt, und der Anzahl (t) der Stunden besteht, in welcher der Kohlensäuregehalt der Luft auf m pro mille anwächst.

Der ursprüngliche Kohlensäuregehalt der Zimmerluft soll dabei mit c bezeichnet werden. Derselbe kann bei dieser und den folgenden Rechnungen, wenn man es mit einem vor der Benutzung gut gelüfteten Raume zu thun hat, zu 0,4 pro mille angenommen werden.

Die p Personen geben obiger Annahme gemäss in einer Stunde (pl) Liter, also in t Stunden (tpl) Liter Kohlensäure ab. Dividirt man diese Zahl durch die Anzahl der Cubikmeter Luft, auf welche sich die producirte Kohlensäure vertheilt hat, so erhält man die Anzahl der Liter producirter CO_2, welche sich in einem Cubikmeter befinden, also die pro mille, welche zu dem ursprünglichen Gehalte (0,4) hinzuzuzählen sind.

Nun ist der leere Raum k Cubikmeter gross, folglich hat der mit p Personen besetzte (k—0,08 p) Cubikmeter Luftraum, da von den p Personen jede 0,08 cbm einnimmt, und die Anzahl der Liter CO_2, welche nach t Stunden sich in jedem Cubikmeter des Raumes befindet, ist

$$0,4 + \frac{k - 0,08\,p}{tpl},$$

was unserem obigen Vorsatze gemäss gleich m zu setzen ist.

Die Gleichung

$$m = 0,4 + \frac{k - 0,08\,p}{tpl}$$

kann nun benutzt werden, um verschiedene Fragen zu beantworten, welche hygienisches Interesse haben.

An dieser Stelle soll die Zeit berechnet werden, welche vergeht, bis p Menschen in einem Raume von der Grösse k (cbm), der keinen Luftwechsel besitzt, durch die Veränderungen, welche sie selbst in dem gasförmigen Inhalte des Raumes hervorbringen, anfangen mit dem Erstickungstode zu ringen.

Man findet im Allgemeinen

$$t = \frac{(m-0,4)(k-0,08\,p)}{p\,l} \;\ldots\ldots (1$$

Nun ist (nach § 1) m = 40 zu setzen, und l, die stündliche Kohlensäureproduction eines Menschen, kann zu 20 Liter angenommen werden. Somit erhält man:

$$t = 1,98 \left(\frac{k}{p} - 0,08\right) \ldots\ldots (1a$$

Hier tritt die Grösse $\frac{k}{p}$ auf, welche denjenigen Theil des ganzen Raumes k darstellt, der bei gleichmässiger Vertheilung auf die einzelne Person trifft. Diesen Antheil der einzelnen Person an der gesammten Athemluft hat man den Luftcubus der Person genannt. Man sieht demnach, dass die Zeit, um deren Berechnung es sich handelt, nicht von der Grösse des Raumes und auch nicht von der Anzahl der anwesenden Personen, sondern nur von dem Verhältniss beider, dem Luftcubus der Person, abhängt.

Sie ist nur wenig kleiner als das Doppelte des Luftcubus, so dass man sagen kann: Die Anzahl der Stunden, welche ein Mensch in einem Raume ohne Luftwechsel aushalten kann, ist höchstens doppelt so gross als sein in Cubikmetern ausgedrückter Luftcubus.

Beispiel. Eine Schiffskabine kann bei geschlossenen Luken und geschlossener Thüre als ein nahezu luftdicht abgegrenzter Raum gelten. Auf dem Dampfer, welcher im Jahre 1876 die regelmässigen vierzehnstündigen Fahrten zwischen Antwerpen und Harwich machte, fand ich Schlafkabinen von ca. 8 cbm Raum vor, welche auf je vier Passagiere berechnet waren. Der vorgesehene Luftcubus war demnach 2 cbm, die Lebensdauer 2 × 2 oder 4 Stunden. Bei vollständiger Belegung müssen in einem solchen Behälter schon nach kurzer Zeit krankhafte Erscheinungen auftreten, welche wohl auf Rechnung der Seekrankheit gesetzt werden, thatsächlich aber zur See nur in sehr entfernter Beziehung stehen. Ich war gesund oder „seekrank“, je nachdem ich mich auf dem Verdeck oder in der Cajüte aufhielt.

Der schreckliche Vorgang, der sich am 2. December 1848 auf dem Schiffe Londonderry ereignete, wo in einem geschlossenen Raume von 40 cbm nach kurzer Zeit über 70 Personen erstickt waren, ist schon von Renk im Bande „Die Luft“ erzählt. Thatsächlich waren mehr als 70 Personen in dem Schiffsraum, da einige durch gewaltsame Anstrengungen entkamen. Beschränkt man aber die Zahl auf 70, so ist der Luftcubus der Person nur $^4/_7$ cbm, und der Erstickungs-

tod tritt nach unserer obigen Berechnung nach 2 × ¹/₇ Stunden ein, was mit den beobachteten Thatsachen in guter Uebereinstimmung ist.

Wenn die Anzahl der nachweislich durch verdorbene Athemluft herbeigeführten Todesfälle gering ist, und auch die durch schlechte Luft verursachten Ohnmachten auf solche Gelegenheiten beschränkt bleiben, wo eine grössere Ansammlung von Menschen in einem geschlossenen Locale stattfindet, so liegt die Ursache darin, dass die Räume, in welchen wir uns gewöhnlich aufhalten, keineswegs hermetisch gegen die Aussenluft abgeschlossen, sondern von porösem, für Luft durchlässigem Material begrenzt sind, durch welches eine Erneuerung des Luftinhaltes ohne besonderes Zuthun möglich, ja in dem geringen Maasse, in welchem sie zur Verhütung des Erstickens hinreicht, sogar unvermeidlich ist.

§ 3. *Chronische Infectionen durch schlechte Athemluft.*

Weit mehr als acute Katastrophen dürften die langsam heranschleichenden Schäden zu fürchten sein, welche der Gesundheit aus oft wiederholter, regelmässiger Einathmung von Luft erwachsen, die zwar noch nicht bis zur äussersten Grenze des Erträglichen verdorben ist, aber doch bereits so weit von der normalen Beschaffenheit abweicht, dass sie dem aus der freien Luft Eintretenden durch üblen Geruch und beklemmende Wirkung auffällt.

Leider ist der Geruchssinn gegen allmählich vor sich gehende Aenderungen der Luftbeschaffenheit zu wenig empfindlich und stumpft sich durch Gewöhnung zu leicht ab, um die Anwesenden selbst rechtzeitig darauf aufmerksam zu machen, dass sie in schlechter Luft athmen.

Stellen sich dann Anzeichen ein, dass der Organismus unzufrieden ist mit dem Erfolge des Athmungsprocesses: Unruhe, Missbehagen, Kopfweh, Uebelkeit und — als Folgen fortgesetzter Misshandlung der Lunge — Reizbarkeit, Schlaflosigkeit, Blutarmuth, Schwindsucht; so ist man im Allgemeinen mehr geneigt, die Ursache in Ueberbürdung mit Arbeit, schlechter Nahrung und anderen bekannten Unannehmlichkeiten zu suchen, als in der Beschaffenheit der unsichtbaren Luft.

Es soll nun keineswegs behauptet werden, dass angestrengte geistige Arbeit geringe Anforderungen an die Gesundheit stelle, oder dass unzulängliche oder unpassende Nahrung für Kraft und Wohlbefinden bedeutungslos sei; aber nach beiden Beziehungen — Arbeitskraft und Ernährung — wird der Einfluss guter Athemluft zur Zeit noch bei weitem unterschätzt.

Und selbst Solchen, welche zur Anerkennung dieses Einflusses geneigt sind, scheint die praktische Lösung der Frage: „Wie versorgt man das Haus mit guter Luft?“ wenigstens für das Privathaus nicht besonders dringend, da bei der Grösse des dem Einzelnen zukommenden Luftcubus in der Regel die natürliche Ventilation allein ausreiche oder doch das etwa Fehlende durch intermittirendes Lüften (Oeffnen der Fenster u. dgl.) leicht ersetzt werden könne.

Solchen Vorurtheilen soll hier zunächst durch eine das Quantitative gründlich erörternde Behandlung der einschlägigen Fragen begegnet werden. Schliesslich wird es indessen auch nicht an praktischen auf die Wirksamkeit ausgeführter Anlagen gestützten Anweisungen fehlen, wie einem rationellen Lüftungsbedürfniss genügt werden kann. —

§ 4. Obere Grenze der Luftzufuhr. Kosten der Lüftung.

Vermöge der grossen Beweglichkeit der Luft ist es nicht möglich, in einem geschlossenen Raume die Lufterneuerung analog der im Freien durch den Wind bewirkten Bewegung so vorzunehmen, dass die zugeführte Luft etwa durch eine Wand hereindringt und, senkrecht zu dieser Wand fortschreitend, den Luftinhalt des Zimmers vor sich her und durch die gegenüberliegende Wand hinausschiebt. Vielmehr wird immer eine Mischung der eintretenden Luft mit der bereits vorhandenen stattfinden. Daraus folgt, dass ein geschlossener Raum, in welchem Menschen athmen, selbst durch die grössten Mengen zugeführter Luft nicht vollkommen in dem Zustande der freien Luft erhalten werden kann.

Andererseits nähert man sich offenbar diesem Zustande um so mehr, je reichlicher frische Luft zugeführt wird.

Man kann also im Voraus den Grundsatz aufstellen: Je mehr frische Luft man den in einem geschlossenen Raume Athmenden zuführt, desto wirksamer sorgt man für einen normalen, dem in freier Luft vor sich gehenden gleichwerthigen Athmungsprocess.

Man beruhigt sich also in einem bestimmten Falle bei einer bestimmten Luftzufuhr, nicht als ob ein Mehr unnütz wäre, sondern weil Rücksichten, welche die Athmung nicht direct betreffen, Bedenken gegen eine weitere Steigerung des Luftwechsels hervorrufen.

Eine solche Rücksicht verdient z. B. im Winter die Vorwärmung der Luft auf eine solche Temperatur, dass sie im gelüfteten Raume nicht als kalter Zug empfunden wird noch die Temperatur des Raumes unter die Grenze der Annehmlichkeit erniedrigt. Es

darf in einer bestimmten Zeit nicht mehr Luft zugeführt werden, als mit den jeweils vorhandenen Einrichtungen auf Zimmertemperatur erwärmt werden kann, bevor sie mit dem Körper des Menschen in Berührung kommt.

Hingegen kommen, sobald die nöthigen Einrichtungen hergestellt sind, die Kosten des Heizmaterials, welches zur Erwärmung der zugeführten Luft dient, wenig in Betracht.

Denn um ein Cubikmeter Luft um 1° C zu erwärmen, sind nöthig

$$1{,}3 \, . \, 0{,}24 = 0{,}312 \text{ Wärmeeinheiten (Kilogramm-Calorien),}$$

wobei das Gewicht eines Cubikmeters Luft zu 1,3 kg und die Wärmecapacität eines kg Luft zu 0,24 angenommen sind.

100 Cubikmeter erfordern also 31,2 Calorien für 1° C und 20.31,2 oder 624 Calorien für Erwärmung um 20° C. Würde man einen ganzen Tag lang einem Raume stündlich 100 cbm Luft zuführen, so würde die Erwärmung dieser 2400 cbm Luft um 20° C demnach 24 . 624 oder 14976, rund 15000 Calorien erfordern.

Nun liefert aber 1 kg Steinkohle durch seine Verbrennung 6000 Calorien. Nehmen wir an, die Heizvorrichtung sei so mangelhaft, dass nur die Hälfte dieser Wärmemenge wirklich nutzbar wird (man nimmt im Mittel ³/₄ an), so sind für die Erwärmung der täglichen Ventilationsluft 15000 : 3000 oder 5 kg Steinkohlen nöthig, deren Preis höchstens zu 15 Pfg. veranschlagt werden darf.

Nimmt man an, dass am Tage ein Wohnzimmer und ein Arbeitszimmer, Nachts zwei Schlafzimmer, jedes stündlich mit 50 cbm frischer Luft versehen werden, so beträgt der Kostenaufwand für eine Heizperiode von 180 Tagen höchstens 180 . 15 Pfg. oder 27 Mk. jährlich.

Im Allgemeinen kann man die Kosten für Erwärmung von je 100 cbm Luft um 20° C auf höchstens 0,6 Pfg. veranschlagen.

Durch die Höhe dieser Ausgabe dürfte kaum Jemand abgehalten werden, sich und den Seinen die grosse Wohlthat eines regelmässigen Luftwechsels zu verschaffen, wenn er bedenkt, dass dadurch lästige Krankheiten [1]), insbesondere der Respirationsorgane und der Nerven, vermieden und Lust und Kraft zur Arbeit [2]) gesteigert werden kann.

---

1) Vgl. Pettenkofer: Ueber den Luftwechsel in Wohngebäuden (1858) S. 104—110. Die seit Veröffentlichung dieser fundamentalen Arbeit gemachten Erfahrungen haben P.'s Ansichten über die hohe Bedeutung eines ausreichenden Luftwechsels voll bestätigt.

2) Ein Cigarrenfabrikant in Kaiserslautern, welcher den Verf. eingeladen hatte, die neue Ventilationseinrichtung seines Arbeitssaales zu sehen, ergänzte

Die oben berechnete, im Vergleich zu dem erkauften Werthe offenbar sehr geringe Summe darf noch nicht einmal als die wirkliche Differenz der Ausgaben für eine regelmässig ventilirte und eine nicht ventilirte Wohnung gelten. Denn bei ungenügendem Luftwechsel fühlt man auch während des Winters das Bedürfniss, sich der „verdorbenen" oder „schlechten" Luft dadurch zu entledigen, dass man in den Wohn- und Arbeitszimmern Nachts oder doch einige Stunden am frühen Morgen, in den Schlafzimmern am Tage die Fenster öffnet. Damit leitet man einen je nach der Temperaturdifferenz und der Richtung und Stärke des Windes mehr oder weniger lebhaften Luftwechsel ein, durch welchen nicht nur kalte, frische Luft an die Stelle der Zimmerluft tritt, sondern auch — was ungleich schwerer in die Wagschale fällt — den Wänden um so mehr Wärme entzogen wird, je länger dieser Luftwechsel dauert. Alle diese Wärme müssen wir nach Unterbrechung der kalten Luftströmung dem Zimmer wieder zuführen, wenn wir uns in demselben behaglich fühlen und nicht durch Wärmestrahlung gegen kalte Wände belästigt sein wollen.[1]) Wir haben demnach auch diese instinctive, zwar nicht ganz nutzlose, aber doch unzulängliche Lüftung (in absentia) nicht umsonst. Ihre Kosten müssen von den obigen 27 Mk. in Abzug gebracht werden. Nach Versuchen, welche in Paris im Spitale von Beaujon angestellt worden sind, betrugen die Kosten für Heizung allein 27 Frcs., für Heizung bei ausgiebiger stetiger Lüftung (60—90 cbm pro Kopf und Stunde) 31 Frcs. pro Jahr und Kranken.

§ 5. *Ueber ein Maass, mit welchem die Verunreinigung der Luft gemessen werden kann. Historisches.*

Die erste Veranlassung zu einer wissenschaftlichen Behandlung des Lüftungsproblemes scheint nach einem Berichte Péclet's[2]) im Jahre 1843 die Erbauung des Zellengefängnisses Mazas in Paris gegeben zu haben. Die einzelnen Zellen waren 3,75 m lang, 2 m breit und 3 m hoch, hatten also 22,5 cbm Inhalt. Sie sollten den Gefangenen zum beständigen Aufenthalte dienen und demgemäss auch Geschirre zur Aufnahme der Excremente enthalten. Die Entfernung

---

dessen Urtheil „der schlechte Geruch ist ganz beseitigt" durch die Bemerkung: „und es werden jetzt mehr Cigarren gemacht".

1) Man vergegenwärtige sich den Eindruck eines „Fremdenzimmers", welches kurz vor Einquartierung des Gastes geheizt wurde.

2) Péclet: Nouveaux documents relatifs au chauffage et à la ventilation des établissements publics recueillis de 1843 à 1853. Paris, Hachette. 1853.

des üblen Geruchs und eine angemessene Zuführung frischer Luft schienen dem Seine-Präfecten eine so wichtige Angelegenheit, dass er eine Commission von 17 Mitgliedern — unter diesen die ersten Celebritäten der Naturwissenschaft — ernannte, welche die Pläne der Techniker prüfen und gegebenen Falls Vorschläge zur Abänderung derselben machen sollten.

Die Commission bildete zwei Subcommissionen. Die eine, bestehend aus Andral, Boussingault, Dumas, Leblanc und Peclet, sollte die beste Methode für die Lüftung und für die Entfernung der Excremente ausfindig machen und durch Versuche die Luftmenge bestimmen, welche jedem Gefangenen zuzuführen ist. Die andere, aus Boussingault, Leblanc und Peclet gebildet, hatte die von den Technikern vorgelegten Heizungs- und Ventilationspläne zu prüfen.

Die erstere der beiden Subcommissionen suchte ihre Aufgabe in folgender Weise zu lösen. Leblanc schloss sich, versehen mit den zur Luftprüfung nöthigen Apparaten, zehn Stunden lang in einer Zelle ein, welche dadurch ventilirt wurde, dass ein durch Flammen geheiztes Abzugsrohr die Luft unter dem Deckel eines Nachtstuhles wegsaugte. Der Deckel war mit einer grösseren Anzahl von Löchern versehen, so dass aus der Zelle Luft in den Nachtstuhl einströmte, während gleichzeitig, durch diese Absaugung angelockt, Luft aus dem Freien über Heizröhren durch eine in einem Meter Höhe angebrachte Oeffnung in die Zelle eindrang. Die Geschwindigkeit dieser zuströmenden Luft wurde mittelst eines Combes'schen Anemometers gemessen.

Leblanc constatirte, dass ein Luftwechsel von stündlich 6 cbm nicht einmal hinreichend war, die Diffusion des üblen Geruchs durch die Deckelöffnungen des Nachtstuhls zu verhüten. Dazu waren 10 cbm erforderlich, welche sich indessen bei ganz geöffnetem Deckel als unzureichend erwiesen. Nach diesen vorläufigen Ermittelungen wurde eine Ventilation von 10 cbm beibehalten und schliesslich der Kohlensäuregehalt der Zellenluft zu 3,3 pro mille dem Gewichte nach (= 2,2 pro mille dem Volumen nach) ermittelt. Durch zehnstündiges Verweilen in einer nicht ventilirten Zelle hatte Leblanc den Kohlensäuregehalt der Zellenluft auf 10 pro mille (6,5 Vol.) gesteigert.

Peclet stellte auf Grund dieser Beobachtungsresultate Leblanc's folgende Rechnung auf:

Nach Andral und Gavaret producirt ein Mensch stündlich 31,46 g Kohlensäure (20,6 Liter). Anfangs brannte noch 2½ Stunden lang eine Kerze, welche in dieser Zeit 20 g Kohlensäure lieferte.

Dies giebt zusammen in 10 Stunden 334 g CO_2. Gefunden wurden 57 g, so dass also durch die Ventilation 277 g vertrieben worden sind.

Und die Commission setzte demgemäss das Minimum des Luftwechsels einer Zelle auf stündlich 10 cbm fest.

Aus den vorstehenden Mittheilungen PECLET's entnehmen wir die historisch interessante Notiz, dass man schon in den Jahren 1843—45 die Veränderung im Kohlensäuregehalte der Luft als eine Art Maassstab für die Wirksamkeit einer Lüftungsvorrichtung benutzt hat. Freilich geschah dieses in wenig exacter Weise, indem man einfach die durch den Athmungsprocess (und ein Licht) zugeführte Gesammtmenge von CO_2 mit der schliesslich vorhandenen verglich und den Unterschied als Ventilations-Effect bezeichnete.[1])

Nachdem die Heizung und Ventilation des Gefängnisses durch die Techniker hergestellt war, ernannte der Seine-Präfect im Jahre 1849 eine neue Commission, welche prüfen sollte, ob die Ausführung dem Programm entspräche. Von den früheren Mitgliedern gehörten derselben nur LEBLANC und PECLET an. Dieselbe constatirte durch anemometrische Messung, dass der Luftwechsel, welcher durch die Aspiration eines besonders geheizten grossen Kamines hervorgebracht wurde, in jeder Zelle 25 cbm betrug, und ferner, dass bei diesem Luftwechsel der durch den ständigen Aufenthalt einer Person erreichte Kohlensäuregehalt 1 pro mille nicht überstieg.[2]) — Ausserdem machte sie die Bemerkung, dass starker Wind bei ungünstiger Richtung die Luftentnahme aus dem Freien vereiteln und dermaassen ansaugend wirken konnte, dass die Luft durch den Zufuhrkanal entwich und aus dem Abzugskanale zuströmte. Die Commission ordnete deshalb nachträglich an, dass die Zuluft nicht mehr aus dem Freien, sondern aus dem Corridor entnommen werden sollte.

---

1) Heute sind wir im Stande, aus den Kohlensäurebestimmungen LEBLANC's den Luftwechsel zu berechnen, welcher in der Zelle stattfand, und zwar sowohl den in der nicht ventilirten Zelle durch die Temperaturdifferenz allein erzeugten, als denjenigen, welcher unter Beihülfe der Ventilationseinrichtung stattfand. Der erstere betrug stündlich 2,5 cbm, der letztere 11,4 cbm. Die Differenz von circa 9 cbm ist der wahre Effect der Ventilationseinrichtung. Dass derselbe dem anemometrisch gemessenen (10 cbm) so nahe kommt und etwas kleiner ist, als letzterer, spricht für die Genauigkeit der Messungen LEBLANC's. Dieselben sollen unten nochmals zur Sprache kommen.

2) Bei 20,6 Liter stündlicher CO_2-Production würde bei 25 cbm Luftzufuhr in einem Gemache von 22,5 cbm Rauminhalt der Kohlensäuregehalt schon nach 1 h 10′ die Grenze 1 pro mille überschreiten. Die Kohlensäureproduction müsste auf 15 Liter vermindert, oder die Luftzufuhr auf 34 cm gesteigert werden, wenn 1 pro mille nicht erreicht werden soll.

So weit ungefähr war man im Jahre 1853 gekommen. Drei Jahre später veröffentlichte S. GRASSI seine Etude comparative de deux systèmes de chauffage et de ventilation établis à l'hôpital Lariboisière [Paris, Rignoux 1856], über deren Gegenstand Pettenkofer[1]) 1858 eingehend an eine „Königliche Commission für Ventilation der Spitäler in München" berichtete, nachdem er sich in Paris durch den Augenschein von der Zuverlässigkeit der Angaben GRASSI's überzeugt und, von diesem Gelehrten unterstützt, selbst Untersuchungen vorgenommen hatte.

Uns interessirt an dieser Stelle, dass für das genannte Spital von einer Commission, an deren Spitze der General MORIN stand, die Forderung gestellt wurde, dass für jedes Krankenbett 60 cbm frische Luft zugeführt werden sollten, und dass diese Leistung auf der einen Hälfte des Spitales durch Aspiration mittelst eines Lockkamines, auf der anderen Hälfte durch Pulsion mittelst eines durch Dampfmaschinenkraft getriebenen Centrifugalventilators (Bläsers) erreicht werden sollte, um auf diese Weise die Art und Grösse der Leistung beider Systeme vergleichen zu können.

Da wurde von GRASSI die wichtige Entdeckung gemacht, dass bei dem Aspirations-Systeme allerdings 93 cbm per Stunde und Bett abgesaugt wurden, dass aber nur 31 von diesen 93 cbm durch die aus dem Freien unter die (4) Oefen des Krankensaales geführten Kanäle eindrangen, während die übrigen 62 cbm auf anderen (capillaren) Wegen in den Saal gelangten. Gleichzeitig constatirte GRASSI einen Kohlensäuregehalt von 2,5 pro mille (Vol.)[2]), und PETTENKOFER fand die Luft übelriechend.

In die drei Pavillons der anderen Abtheilung wurden durch Pulsion durchschnittlich per Stunde und Bett eingetrieben: 132, 126, 88 cbm, von welchen kaum die Hälfte durch die zu diesem Zwecke angebrachten Kanäle, das übrige auf capillaren Wegen hinausging. Die Luft war vollkommen geruchlos, der Kohlensäuregehalt 1,1 pro mille[3]), Luftzug nirgends bemerkbar.

---

1) PETTENKOFER, Ueber den Luftwechsel in Wohngebäuden. 1858. S. 48 ff.

2) Würden auch nur 31 cbm frische Luft von ca. 0,4 pro mille CO_2 eingeführt und mit der Zimmerluft vollständig gemischt worden sein, so hätte der CO_2-Gehalt 1 pro mille nicht wesentlich überschreiten können. Die Höhe des beobachteten lässt sich nur aus zwei Ursachen erklären: Es strömte Luft von sehr hohem CO_2-Gehalt durch die Poren ein, oder die Probe wurde an einer Stelle genommen, wo die Mischung der Athemluft mit der frischen nicht genügend stattfand.

3) Aus der Höhe dieses Gehaltes der Luft an CO_2 muss man schliessen, dass die Mischung der zugeführten Luft mit der Athemluft an der Stelle, wo die Probe genommen wurde, nicht genügend stattfand, da schon 67 cbm frische

Auf diese und ähnliche Erfahrungen hin, bei welchen jedesmal der Kohlensäuregehalt einer nur durch Athmung und Ausdünstung von Menschen verschlechterten Luft mit dem Eindruck verglichen wurde, welchen diese Luft auf den Geruchssinn machte, kam PETTENKOFER schon im Jahre 1858 zu dem Schlusse (S. 78): „Aus diesen Versuchen geht zur Evidenz hervor, dass uns keine Luft behaglich ist, welche in Folge der Respiration und Perspiration der Menschen mehr als 1 pro mille Kohlensäure enthält. Wir haben somit ein Recht, jede Luft als schlecht und für einen beständigen Aufenthalt als untauglich zu erklären, welche in Folge der Respiration und Perspiration der Menschen mehr als 1 pro mille Kohlensäure enthält."

Aus der Fassung nicht weniger als aus der Bildungsgeschichte dieses Urtheils geht unzweifelhaft hervor, unter welcher Bedingung nach PETTENKOFER's Ansicht der Kohlensäuregehalt der Luft ein Kriterium und Maass für die Untauglichkeit der Zimmerluft zur Unterhaltung des Athmungsprocesses sein soll. Nicht, wenn die Luft mehr als 1 pro mille Kohlensäure enthält, ist sie schlecht, sondern wenn diese ihre abnorme Beschaffenheit durch Respiration und Perspiration von Menschen entstanden ist. Zur weiteren Erläuterung des Sinnes, in welchem PETTENKOFER ursprünglich das von ihm aufgestellte Kriterium verstanden wissen wollte, und in welchem es noch heute von Allen verstanden wird, welche es benutzen, möge dienen, was in der citirten Schrift S. 75f. zu lesen ist:

„Zwei bis drei Tausendtheile sind allerdings sehr geringe Mengen, aber man darf nicht vergessen, dass die Kohlensäure nicht allein die Verderbniss der Luft ausmacht, man muss wohl bedenken, dass mit der Kohlensäure zugleich die organischen Stoffe der Luft aus Respiration und Perspiration zunehmen, und dass von diesen bereits sehr geringe, kaum nachweisbare Mengen hinreichend sind, eine Luft bis zu einem Grade zu verderben, dass sie auf gesunde Sinne ekelerregend wirkt. Der Kohlensäuregehalt allein macht die Luftverderbniss nicht aus, wir benutzen ihn blos als Maassstab, wonach wir auch noch auf den grösseren oder geringeren Gehalt an anderen Stoffen schliessen, welche zur Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure sich proportional verhalten."

Somit kann der Grenzwerth 1 pro mille nicht angewendet werden, wenn noch andere Ursachen als Athmung und Ausdünstung von Menschen zur Veränderung des Kohlensäuregehaltes mitgewirkt

---

Luft, mit der Zimmerluft vollkommen gemischt, das Anwachsen der CO_2 auf 0,7 pro mille verhindern würden.

haben. Die häufigste derartige Ursache ist das Brennen von Lichtflammen, von welchen die normale Kerze stündlich 11, die Oellampe von 4 Kerzen Lichtstärke 30, die Petroleumlampe von 8 bis 10 Kerzen 60, endlich die Gasflamme von 8 bis 10 Kerzen 90 Liter Kohlensäure producirt.

Da diesen Kohlensäurequellen der Mensch mit stündlich 20 Liter gegenübersteht, bemerkt man leicht, dass bei Nichtbeachtung des Einflusses von Flammen der Kohlensäuregehalt zu einem ganz falschen Urtheile über den hygienischen Zustand einer Zimmerluft führen kann. Die Luft ist wahrscheinlich nicht so schlecht, als sie sein würde, wenn der gemessene Kohlensäuregehalt nur vom Aufenthalte der Menschen herrührte, sie ist aber auch nicht so gut, wie wenn die von den Flammen herrührende Kohlensäure fehlte.

Da Kohlensäure allein, wenn sie rein entwickelt und so der Luft beigemengt ist, gewiss bis zu 10 pro mille und darüber ohne Belästigung ertragen wird, so könnte auch die von Flammen entwickelte Kohlensäure nur insofern als ein Maassstab der Luftverschlechterung dienen, als sie ein Index schädlicher, durch den gleichen Verbrennungsprocess entwickelter und der Kohlensäure proportionaler gasförmiger Producte wäre. Eine solche Proportionalität dürfte aber offenbar nur für den gleichen Leuchtstoff bei der gleichen Lampenconstruction angenommen werden und würde z. B. bei Oel- und Petroleum-Lampen sogar noch die gleiche Behandlung der Lampe voraussetzen. Denn wer wollte die Luftverschlechterung, die durch eine reinlich gehaltene und richtig gestellte Lampe hervorgebracht wird, mit der Wirkung einer schmierigen und qualmenden Vorrichtung nach der Kohlensäureproduction beider Leuchtapparate vergleichen! Ebenso wird die Belästigung durch Gasflammen mehr von dem Grade der Verunreinigung des Gases (durch Schwefelwasserstoff und Ammoniak), als von irgend etwas Anderem, und bei ganz reinem Leuchtgase mehr von der Menge der unverbrannt abgehenden Kohlenwasserstoffe, als von der entwickelten Kohlensäure abhängen. Es ist demnach die Frage nach der Luftverunreinigung durch Leuchtapparate ganz und gar von der durch Athmung und Ausdünstung der Menschen hervorgebrachten zu trennen und für sich zu behandeln. Durch Einführung der elektrischen Beleuchtung würde sie die einfachste und wenigstens für die Respirationsorgane hygienisch vortheilhafteste Erledigung finden.

In einer ähnlichen Lage befindet man sich bei dem Versuche, die auf der Eisenbahn laufenden Personenwagen zu lüften. Durch

das Eindringen der Rauchgase des Lokomotivschlotes werden die Reisenden (auch die Verwundeten der Lazarethzüge) schwer belästigt. Somit wird häufig auch im leeren Wagen ein vermehrter Kohlensäuregehalt nachweisbar und folglich von der im besetzten Coupé gefundenen Kohlensäure zweifelhaft sein, ob sie zur Schädlichkeit der Athemluft in constantem Verhältniss steht. Es dürfte demnach die Aufgabe der Lüftung von Eisenbahnwagen so zu fassen sein, dass in erster Linie die Abhaltung der Rauchgase angestrebt, in zweiter Linie die Zuführung frischer Luft in Aussicht genommen wird. Beides liesse sich vielleicht dadurch vereinigen, dass man die Innenluft durch Pulsion fortgesetzt auf etwas höherem Drucke erhält. Dann würde durch alle Fugen Luft abfliessen und so den Rauchgasen der Zutritt unmöglich gemacht. Da bei der erheblichen Geschwindigkeit der Züge die Einrichtung einer energischen Pulsion kaum Schwierigkeit machen dürfte, beschränkt sich die Aufgabe auf die Forderung, die einzutreibende Luft von Rauchgasen und Staub frei zu halten und im Winter hinreichend vorzuwärmen.

Wenn diesen Ausführungen gemäss eine durch andere Ursachen als den Aufenthalt von Menschen mit Kohlensäure bereicherte Luft selbst dann, wenn ihr Gehalt 1 pro mille übersteigt, noch als zulässig für den Athmungsprocess erklärt werden kann, so kann umgekehrt eine Luft weniger als 1 Tausendstel Kohlensäure enthalten und doch durch den Aufenthalt von Menschen so verdorben sein, dass sie als schlecht und gesundheitsschädlich bezeichnet werden muss. Die geschieht durch abnorme Athmung und Ausdünstung, wie sie bei Kranken, Verwundeten und Wöchnerinnen vorkommt. Man wird in diesen Fällen, bei sorgfältigster Reinlichkeitspflege, den vorliegenden Erfahrungen gemäss die Luftverderbniss wohl noch nach dem Kohlensäuregehalte, aber mit dem Grenzwerthe 0,7 pro mille (0,4 + 0,3 statt 0,4 + 0,6) zu bemessen haben. Man nimmt hiermit an, dass bei jener abnormen Athmung und Ausdünstung schon mit der Hälfte (0,3 pro mille) der Kohlensäurezunahme ebensoviel Athemgift entwickelt wird, als der normale Mensch in Begleitung von 0,6 pro mille Kohlensäure absondert.

Derselbe Grenzwerth 0,7 ist von Pettenkofer und von Erismann auch in folgendem Sinne aufgestellt worden: „Eine gute Zimmerluft, in welcher der Mensch erfahrungsgemäss auf längere Zeit sich behaglich und wohl befinden kann, hat keinen höheren Kohlensäuregehalt, als 0,7 pro mille.“

Bei aufmerksamer Würdigung des Vorstehenden wird man in

jedem besonderen Falle leicht entscheiden, ob der Kohlensäuregehalt überhaupt als Maassstab der hygienischen Eigenschaften der Luft benutzt werden darf, und ob eine Abweichung von den angegebenen Grenzwerthen geboten oder zulässig ist. Wo die Grenzwerthe Gültigkeit haben, wird durch ihre Ueberschreitung angezeigt, dass eine Vergrösserung des Luftwechsels einzutreten hat.

Fragt man, wie lange sich in einem nicht ventilirten Raume von k cbm p Personen aufhalten können, ohne dass der Kohlensäuregehalt 1 pro mille übersteigt, so darf man nur in der S. 514 aufgestellten allgemeinen Gleichung (1 1,0 für m setzen und 20 für l beibehalten. Dann wird

$$t = 0{,}03 \left(\frac{k}{p} - 0{,}08\right) \quad .\ .\ .\ .\ (1\,b$$

wobei nun der Subtrahend 0,08 unbedenklich weggelassen und somit gesetzt werden kann:

$$t = 0{,}03 \frac{k}{p} \text{ (Stunden).}$$

Die gesuchte Zeit ist somit nur 3 Hundertel des Luftcubus.

Beispiele. 1. In der oben beschriebenen Kabine des Postdampfers, wo bei vollständiger Besetzung der Luftcubus 2 ist, kommt die Luft schon nach (2 mal 0,03) Stunden oder 3,6 Minuten an der Grenze des Zulässigen an.

2. In einem nicht ventilirten gemüthlichen Kneiplocale von 5 m Länge, 4 m Breite, 3,6 m Höhe, also 72 cbm Inhalt, können

Personen:	1	2	3	4	5	6
Stunden:	2,1	1,1	0,72	0,54	0,43	0,36

athmen, ohne Nachtheil für ihre Gesundheit fürchten zu müssen. Zehn Personen, welche sehr bequem darin sitzen können, würden, auch ohne zu rauchen, schon nach 13 Minuten die Luft bis zur zulässigen Grenze verdorben haben.

§ 6. Berechnung der Grösse des Luftwechsels, durch welchen das Anwachsen der Kohlensäure auf einen bestimmten Grenzwerth vermieden wird.

Den bisherigen Berechnungen wurde die Annahme zu Grunde gelegt, dass der Mensch stündlich 20 Liter Kohlensäure ausscheide. Man darf aber nicht vergessen, dass diese Zahl nur ein Mittelwerth ist, der sich auf den wachen und ruhigen Zustand der Athmenden bezieht und um so mehr Berechtigung hat, je grösser die aus Männern und Frauen gemischte Versammlung ist, auf welche

er angewendet wird. Thatsächlich ist die stündliche Kohlensäureabgabe bei verschiedenen Menschen verschieden, je nach dem Lebensalter, dem Geschlechte, der mehr oder minder kräftigen Constitution des Einzelnen, und ist bei demselben Menschen abhängig von seinem Verhalten.

Nach Versuchen von Breiting[1]) athmen Schulkinder von 7—13 Jahren stündlich 10 bis 13 Liter Kohlensäure aus, wenn sie ruhig sitzen, aber 17 Liter in der Singstunde. Männer geben bei Ruhe 17 bis 23 Liter ab; im Schlafe kann sich die abgegebene Menge bis auf 13 Liter vermindern, bei der Arbeit hingegen bis zu 36 Liter steigern.[2]) Frauen scheiden im Allgemeinen weniger Kohlensäure aus, als Männer.

Für Berechnungen, bei welchen es sich nicht um einen besonderen, genauer definirten Fall handelt, wird man als Mittelwerthe bei ruhigem Verhalten für Minderjährige die Anzahl l der Liter Kohlensäure, welche sie stündlich ausscheiden, aus der Formel

$$l = 7 + 0{,}5\ n$$

berechnen, in welcher n die Anzahl der Lebensjahre bedeutet; für Erwachsene hingegen den schon oben benutzten Werth 20 setzen. Für Handarbeiter in Werkstätten und Fabriken ist die Zahl der Liter auf 30 zu erhöhen.

Auf Grund dieser Erfahrungen lässt sich nun die im Titel genannte Aufgabe durch eine einfache Betrachtung lösen, wenn man sich darauf beschränkt, den Ventilationsbedarf für dauernden Aufenthalt in einem und demselben Locale zu ermitteln, d. h. darauf verzichtet, die Zeit mit in Rechnung zu ziehen.

Findet nämlich in einem Locale mehrere Stunden hindurch ein einigermaassen beträchtlicher Luftwechsel statt, so wird sowohl die Grösse des Locals, als der anfängliche Zustand der Luft, welche in ihm enthalten war, gleichgültig für die Frage, welcher Grenze sich der Kohlensäuregehalt des Locals nähert. Dieser Grenzwerth ist vielmehr nur abhängig von der Stärke der inneren Kohlensäureentwicklung und der Stärke des von aussen eindringenden Luftstromes, welcher bestimmt ist, die entwickelte Kohlensäure aufzunehmen und zu verdünnen.

Werden nun im Locale stündlich von jeder der p anwesenden Personen l Liter Kohlensäure entwickelt, während in derselben Zeit

1) Dr. Carl Breiting, Untersuchungen betreffend den Kohlensäuregehalt der Luft in Schulzimmern. Bericht an das Sanitätscollegium von Basel-Stadt. Basel, Schweighauserische Buchdruckerei. 1871.

2) Pettenkofer und Voit, Zeitschrift für Biologie. Bd. II. S. 546.

V cbm Luft von aussen zuströmen, so treffen auf 1 cbm dieser Luft $\frac{pl}{V}$ Liter CO_2, und da bereits 0,4 Liter dieses Gases darin enthalten waren, so beträgt der ganze Kohlensäuregehalt der Luft in Tausendtheilen

$$0,4 + \frac{pl}{V}$$

Streng genommen tritt dieser Gehalt erst nach unendlich langer Zeit ein, mit grosser Annäherung aber schon nach wenigen Stunden. Soll der wirkliche Gehalt an CO_2 den Werth 1 niemals vollkommen erreichen, so darf man demnach die Grösse des Verhältnisses $\frac{pl}{V}$ nur so bemessen, dass

$$0,4 + \frac{pl}{V} = 1,0$$

also $\frac{pl}{V} = 0,6$ wird. Daraus folgt $V = \frac{pl}{0,6}$, und somit der Ventilationsbedarf für eine Person $(p = 1)$

$$V_1 = \frac{1}{0,6} = \frac{5}{3} l \text{ Cubikmeter},$$

d. h. man erhält den unerlässlichen in Cubikmetern ausgedrückten Bedarf an frischer Luft, der dem einzelnen Menschen, der sich dauernd[1]) in einem geschlossenen Locale aufhält, stündlich zugeführt werden muss, wenn man die Anzahl der Liter Kohlensäure, die er stündlich ausscheidet, mit $\frac{5}{3}$ multiplicirt.

Es bedarf also ein Erwachsener zu dauerndem Aufenthalte in einem geschlossenen Locale stündlich im Mittel $\frac{5}{3} \cdot 20$ oder 33 cbm frische Luft, ein Schulkind von 6 bis 12 Jahren 17 bis 22 cbm, ein Handarbeiter 50 cbm.

Hingegen gilt für Verwundete, Kranke, Wöchnerinnen und Solche, die stets gute Luft athmen wollen, der Grenzwerth 0,7. Demnach ist zu setzen:

$$0,4 + \frac{pl}{V^1} = 0,7$$

und es berechnet sich der Ventilationsbedarf pro Kopf aus

$$V_1 = \frac{1}{0,3} = \frac{10}{3} l,$$

also doppelt so gross, wie für den Grenzwerth 1 pro mille.

1) Es wird sich unten ergeben, dass jeder Aufenthalt, der mehr als 2 Stunden dauert, als ein „dauernder" berechnet werden darf.

Daraus folgt u. A., dass für Krankenzimmer pro Stunde und Bett eine Luftzufuhr von 67 cbm vorzusehen ist.

Will man diese Berechnungen zur Grundlage für die Anlage oder Prüfung einer Ventilationseinrichtung machen, so darf man nicht übersehen, dass die angegebenen Zahlenresultate sich auf **Zufuhr frischer Luft** beziehen, welche keinen höheren Kohlensäuregehalt als 0,4 pro mille besitzt und auch nicht durch andere Gase verunreinigt sein darf. Das Constatiren eines Luftwechsels von der angegebenen Grösse, etwa durch Messung der abziehenden Luftmenge mittelst eines Anemometers oder durch Schätzung der Grösse des natürlichen Luftwechsels, bietet keine Gewähr, dass die Luft die hygienischen Bedingungen für dauernden Aufenthalt erfüllt.

§ 7. *Feststellung des Zusammenhangs zwischen dem ursprünglichen Kohlensäuregehalt einer Zimmerluft und dem nach einer gewissen Zeit vorhandenen, wenn inzwischen sowohl Kohlensäure im Zimmer entwickelt als frische Luft von aussen zugeführt wird.*

Die Lösung dieser Aufgabe ist für die Ventilationslehre von fundamentaler Bedeutung, da uns die Gleichung, welche den genannten Zusammenhang herstellt, in den Stand setzt, eine Reihe von Fragen zu beantworten, welche sich theils auf die in gegebener Zeit zu erwartende Veränderung der Athemluft, theils auf den thatsächlich stattfindenden Luftwechsel oder selbst auf die Stärke der jeweiligen Kohlensäureproduction beziehen können. Man findet deshalb hier eine elementare Ableitung der Gleichung, aus welcher die Bedingungen, unter welchen das Endresultat gilt, weiteren Kreisen verständlich werden möchten.

1. Der Raum von der Grösse K, in welchem die Menschen athmen, soll die Eigenschaft der von uns bewohnten Räume besitzen, d. h. mit der freien atmosphärischen Luft so verkehren, dass sich jede Störung des Gleichgewichts zwischen dem Drucke der Innen- und Aussenluft alsbald ausgleicht. Nehmen wir also an, es sei durch irgend ein Mittel (z. B. Einblasen) zu der bisher mit der Aussenluft im Gleichgewicht befindlichen Innenluft eine gewisse Menge Aussenluft eingedrungen, so wird dieser Vorgang (vermöge der Dichtigkeits- und Druckzunahme) stets einen zweiten zur Folge haben, der darin besteht, dass alsbald eine gleich grosse Menge Innenluft wieder aus dem Raume entweicht.

Ebenso wird das Absaugen einer gewissen Menge Innenluft alsbald ein Nachdringen einer gleich grossen Menge Aussenluft veranlassen. Wird die Zuströmung stetig unterhalten, dann wird auch

die Abströmung stetig, so dass in gleichen Zeitabschnitten, wie gross oder wie klein diese angenommen werden mögen, ebensoviel Luft aus dem Raume abströmt, als ihm zugeführt wird.[1])

2. Denkt man sich, dass p Personen in dem Raume athmen, der K Kubikmeter Luft von c_1 pro mille Kohlensäure enthält, während durch eine stetige Strömung stündlich V cbm frische Luft von c pro mille Kohlensäure zugeführt werden, so entweichen aus diesem Raume stündlich auch V cbm Zimmerluft, deren Kohlensäuregehalt infolge der stetigen Mischung der frischen Luft mit der jeweilig vorhandenen Zimmerluft veränderlich sein wird.

Um dem Vorgange näher zu treten, denken wir uns die Zeit in gleiche Abschnitte getheilt, etwa von der Dauer eines Athemzuges (= $^1/_{1000}$ Stunde), und suchen zu berechnen, wie gross nach einer beliebigen Anzahl (n) von Athemzügen der Gehalt der Zimmerluft an Kohlensäure ist.

3. Unserer Annahme gemäss enthält die Zimmerluft vor dem ersten Athemzuge in jedem Kubikmeter c_1 Liter CO_2, also im ganzen Kc_1 Liter CO_2.

Während des ersten Athemzuges, der $^1/_{1000}$ Stunde dauert, dringen von aussen ein 0,001 V Kubikmeter frische Luft mit 0,001 Vc Liter CO_2, und im Zimmer selbst werden producirt p . $^{20}/_{1000}$ oder 0,02 p

1) Ist die zuströmende Luft kälter, als die abströmende, wie das im Winter bei einem Zimmer, welches durch Heizung auf nahezu constanter Temperatur erhalten wird, thatsächlich der Fall ist, dann ist das Volumen V_a der abströmenden Luft grösser, als das Volumen V_z der zuströmenden. Beide Volumina stehen, wenn t_a und t_z die zugehörigen Temperaturen sind, in dem Verhältniss der Temperaturfactoren $(1 + \alpha t_a)$ zu $(1 + \alpha t_z)$, aber ihre Massen sind gleich gross, somit auch ihre auf eine Normaltemperatur (0°C) reducirten Volumina. Im Folgenden sind stets die reducirten Volumina gemeint.

Diese Gleichung der reducirten Volumina findet nicht mehr statt, wenn der Luftinhalt des Zimmers selbst seine Temperatur ändert. Würde z. B. die Temperatur des Luftinhaltes während der Zeit t sinken, so wäre es möglich, dass während dieser Zeit gar keine Luft abströmt, sondern die Einströmung lediglich dazu verwendet wird, den sinkenden Druck der Innenluft wiederherzustellen. Steigt hingegen die Temperatur der Innenluft, so würde um die damit verbundene Ausdehnung der Luft mehr abströmen, als zuströmt.

Die folgende Betrachtung setzt somit constante Temperatur der Innenluft voraus.

Aehnlich wie eine Temperaturerhöhung müsste es wirken, wenn im Zimmer ein Gas producirt würde, ohne dass ein äquivalentes Normalvolumen Luft dafür verschwände, insbesondere wenn Kohlensäure auf andere Weise entwickelt würde, als durch einen solchen Process, bei welchem (wie beim Athmen) ein gleich grosses Volumen Sauerstoff verbraucht wird. Auch solche uncompensirte Gasentwickelungen sind bei der folgenden Betrachtung ausgeschlossen.

Liter CO_2 — während gleichzeitig 0,001 V Kubikmeter Zimmerluft abgehen und 0,001 Vc_1 Liter CO_2 entführen.[1])

Nach dem ersten Athemzuge enthält demnach das Zimmer im Ganzen

$$Kc_1 + 0{,}02\,p + 0{,}001\,Vc - 0{,}001\,Vc_1 \text{ (Liter } CO_2\text{)}.$$

Der Ausdruck besteht aus 4 Gliedern, welche man in folgende zwei Gruppen vereinigen kann: Die Menge

$$Kc_1 - 0{,}001\,Vc_1$$

ist die nach dem ersten Zeittheile im Raume rückständig gebliebene, die Menge

$$0{,}02\,p + 0{,}001\,Vc$$

ist die neu hinzugekommene Kohlensäure in Litern.

Um jedesmal diejenige Anzahl von Litern zu erhalten, welche durchschnittlich auf ein Kubikmeter des Raumes treffen oder, wie man kurz zu sagen pflegt, die pro mille, hat man jeden dieser Ausdrücke durch die Anzahl K der Kubikmeter des Raumes zu dividiren.

Somit sind die nach dem ersten Zeittheil im Raume rückständigen pro mille:

$$c_1\left(1 - 0{,}001\,\frac{V}{K}\right)$$

und die neu hinzugekommenen pro mille:

$$\frac{1}{K}\,(0{,}02\,p + 0{,}001\,Vc)\,.$$

Ich bezeichne nun, der Abkürzung wegen, mit β den constanten ächten Bruch $\left(1 - 0{,}001\,\frac{V}{K}\right)$, mit welchem man den zu Anfang des Zeittheils vorhandenen Kohlensäuregehalt (c_1) multipliciren muss, um den nach Ablauf des Zeittheils rückständigen Gehalt zu bekommen. Ferner soll der neu hinzukommende Gehalt, welcher von dem jeweiligen Zustande des Raumes ganz unabhängig ist, mit dem Buchstaben z bezeichnet werden. So ist dann der nach dem ersten Zeittheil im Raume vorhandene Kohlensäuregehalt:

$$m_1 = \beta c_1 + z.$$

5. In dem folgenden zweiten Zeittheile ist der anfängliche Kohlensäuregehalt nicht mehr c_1 pro mille, sondern m_1 pro mille, so dass nun dieser Werth an die Stelle von c_1 zu treten hat, während neuerdings der Kohlensäuregehalt um z pro mille

1) Es ist also hier eine Mischung der zuströmenden Luft mit der gleichzeitig abgehenden nicht angenommen.

wächst. Es ist also nach dem **zweiten** Athemzuge der Kohlensäuregehalt des Raumes

$$m_2 = \beta m_1 + z$$

Ebenso tritt für den dritten Zeittheil dieses eben berechnete m_2 als anfänglicher Kohlensäuregehalt an die Stelle des vorigen m_1, und da ein neues z hinzukommt, wird der schliessliche Gehalt:

$$m_3 = \beta m_2 + z$$

. . . .

. . . .

Analog ist nach n Athemzügen der Kohlensäuregehalt

$$m_n = \beta m_{n-1} + z,$$

wobei m_{n-1} nach der Analogie unserer Bezeichnung den nach (n−1) Athemzügen, also den am Anfang des n^{ten} Athemzuges vorhandenen Kohlensäuregehalt darstellt.

6. Ersetzt man nun in jeder dieser Gleichungen der Reihe nach das Zeichen m durch seinen Werth aus der nächst vorhergehenden Gleichung, so wird

$$m_1 = \beta c_1 + z$$
$$m_2 = \beta^2 c_1 + \beta z + z$$
$$m_3 = \beta^3 c_1 + \beta^2 z + \beta z + z$$

. . . .

. . . .

$$m_n = \beta^n c_1 + \beta^{n-1} z + \beta^{n-2} z + \dots \dots \beta z + z$$

Die geometrische Progression, welche mit z beginnt und mit $\beta^{n-1}z$ endigt, kann nun durch ihre Summenformel ersetzt werden. Hierdurch erhält man

$$m_n = \beta^n c_1 + z \frac{1-\beta^n}{1-\beta},$$

oder, wenn man die Glieder zusammenfasst, welche β^n enthalten:

$$m_n = \beta^n \left(c_1 - \frac{z}{1-\beta}\right) + \frac{z}{1-\beta}$$

7. Es ist nun an der Zeit, statt der Zeichen β und z wieder die früheren Ausdrücke einzuführen und den schliesslichen Kohlensäuregehalt nicht mehr mit m_n, sondern nach der Analogie von c und c_1 mit c_2 zu bezeichnen. Dann wird

$$c_2 = \left(1 - 0{,}001 \frac{V}{K}\right)^n \left[c_1 - c - \frac{20p}{V}\right] + c + \frac{20p}{V} \quad \dots \dots (3$$

Hier ist 20p nichts Anderes als die **stündlich im Raume producirte** Kohlensäure (die 20 Liter einer Person, multiplicirt mit der Anzahl p der Personen). Für die **Rechnung** ist es ganz gleichgültig, woher dieselbe stammt, wenn sie nur auf Kosten des jeweilig

im Raume vorhandenen Sauerstoffs erzeugt ist, also mit diesem gleiches Volumen hat; man kann somit, wenn eine andere Kohlensäurequelle im Raume ist, auch die stündliche Leistung dieser Quelle für den Ausdruck 20p einsetzen und sie auch zu der von den Personen jeweils gelieferten Kohlensäure addiren. Es ist deshalb erlaubt, statt des Ausdruckes (20p) einen allgemeineren einzuführen, nämlich l, die Anzahl der Liter CO_2, welche stündlich auf Kosten des jeweilig vorhandenen Sauerstoffs im Raume erzeugt werden.

n ist die Anzahl der Tausendel von Stunden, welche vergehen, bis der anfängliche Kohlensäuregehalt c_1 in den schliesslichen c_2 übergegangen ist. Es ist zweckmässig, das bei der Lüftung übliche Zeitmaass — die Stunde — sogleich in die Formel einzuführen. Versteht man aber unter t die Anzahl der Stunden, welche der Lüftungsvorgang dauert, so ist $t = \frac{n}{1000}$ und somit 1000t für n einzusetzen. Es wird dann aus Gleichung 3 (S. 532) durch diese Substitutionen und eine leichte Umformung folgende:

$$\frac{c_2 - c - \frac{l}{V}}{c_1 - c - \frac{l}{V}} = \left(1 - 0{,}001\frac{V}{K}\right)^{1000\,t} \quad . \; . \; . \; . \; (4$$

Diese Gleichung stellt nun die verlangte Beziehung dar zwischen dem anfänglichen, mit Beginn der Zeit t (Stunden) im Raume vorhandenen Kohlensäuregehalte c_1 (pro mille), dem am Schlusse der Zeit t vorhandenen c_2, dem Kohlensäuregehalt c der einströmenden frischen Luft [den man, wo nähere Bestimmungen nicht vorliegen, zu 0,4 annehmen kann], ferner der stündlich im Raume selbst producirten Kohlensäuremenge l (Liter), der stündlich zugeführten Luftmenge V (Kubikmeter) und dem Luftinhalt des Raumes K (Kubikmeter).

Sie ist demnach ein Aequivalent für die Formeln, welche Seidel auf Veranlassung Pettenkofer's, Hagenbach zur Berechnung der Versuche Breiting's aufgestellt haben[1]), und unterscheidet sich von diesen dadurch, dass hier die Stunde nur in 1000, bei Seidel und Hagenbach aber in unendlich viele Theile getheilt ist.

Würde man die Stunde allgemein in s gleiche Theile getheilt haben, so hätte man damit angenommen, dass jedesmal erst nach Ablauf von $\frac{1}{s}$ Stunde die ausströmende Luft den Kohlensäure-

1) Eine Zusammenstellung, Herleitung und Besprechung der bez. Formeln findet man in C. Lang: Ueber natürliche Ventilation u. s. w. S. 47—59 und von Dr. Ar. Jacoby in der Zeitschrift für Biologie, Bd. XIV, S. 1 ff. 1878.

gehalt hat, auf welchen die Zimmerluft während dieses Zeittheils gebracht wird, dass aber während des Zeittheils die ausströmende Luft noch unverändert den früheren bei Beginn des Zeittheils gültigen Zustand der Zimmerluft habe.

Man nimmt also für die ausströmende Luft eine sprungweise Aenderung an, wie sie wirklich stattfände, wenn die hinzukommende CO_2 während des Zeittheils $\frac{1}{s}$ von der ausströmenden Luft getrennt gehalten und dann plötzlich mit der Gesammtluft des Zimmers gemischt würde.

Ueberlässt man das Zimmer und seine Luftströmungen sich selbst, so kann man zwar mit Sicherheit annehmen, dass einige Zeit vergeht, bis von der gerade hinzutretenden CO_2 etwas in der ausströmenden Luft enthalten sein wird, aber es fehlen die plötzlichen Mischungen, und somit passt dieses Laisser aller nicht zu unserer Rechnung.

Je grösser man aber s annimmt, desto näher rücken sich die Momente der Mischung, desto mehr also nähert man sich mit der Rechnung einem Vorgange, bei welchem die Zimmerluft unablässig gemischt wird, und man erkennt somit in der unablässigen gleichmässigen Mischung der Luft und in der Annahme $s = \infty$ das einzige Mittel, Rechnung und Wirklichkeit vollkommen in Uebereinstimmung zu bringen.

Wie kann aber eine solche gleichmässige Mischung der Luft bewerkstelligt werden? Die Erfahrung lehrt, dass in Zimmern von mässiger Höhe, welche dem natürlichen Luftwechsel überlassen sind, die CO_2 in der Mitte des Zimmers gleichmässig über die Höhe vertheilt ist [1]), während allerdings in horizontaler Richtung Unterschiede zwischen Orten gefunden werden, welche nahe am Fenster liegen, und solchen, die weit von demselben entfernt sind. Man hat versucht, mittelst grosser Federwedel diese Differenzen auszugleichen. Geschieht diese Bewegung sehr langsam, so ist nichts dagegen einzuwenden, während durch starke Bewegung der Luft z. B. gegen die Fenster hin eine erhebliche Steigerung des Luftwechsels hervorgebracht werden kann.

In Räumen, welche mit besonderen Lüftungsanlagen ausgestattet sind, ist eine gleichmässige Vertheilung der CO_2 über die Höhe durchaus nicht selbstverständlich. Es besteht vielmehr immer die Gefahr, dass die frische, erwärmt zugeführte Luft zur Decke aufsteigt, sich an dieser ausbreitet, an den Wänden herabsinkt und am Fussboden gegen den Abzug hinströmt, also die Athmenden umfliesst, während diese eine erheblich schlechtere Luft geniessen, als durch den Abzug

1) Dr. C. Breiting a. a. O. S. 35.

abgeht. Man wird gegen diese Art von Circulation dadurch ankämpfen, dass man der zuströmenden Luft eine von oben schräg gegen die Mitte des Raumes gehende Richtung giebt. Das kann durch passende Leitflächen auch dann geschehen, wenn die frische Luft zunächst in anderer Richtung einströmt. Die quantitative Wirksamkeit einer Lüftungsanlage wird man übrigens leichter anemometrisch messen, als durch Kohlensäurebestimmungen.

Nachdem somit erkannt ist, dass zu den übrigen Voraussetzungen noch diese hinzuzufügen ist, dass die Zimmerluft immer in gleichmässiger Mischung erhalten wird, hat man andererseits auf der rechten Seite der Gleichung, welche im allgemeinen Falle, wo die Stunde statt in 1000 in s gleiche Theile getheilt ist, die Form

$$\left(1 - \frac{1}{s}\frac{V}{K}\right)^{st}$$

annimmt, den Grenzwerth zu suchen, welchem sich der Ausdruck nähert, wenn man s unendlich wachsen lässt.

Entwickelt man nach dem binomischen Lehrsatze, so wird

$$\left(1 - \frac{1}{s}\frac{V}{K}\right)^{st} = 1 - st.\frac{1}{s}\frac{V}{K} + \frac{st(st-1)}{1.2}.\frac{1}{s^2}\left(\frac{V}{K}\right)^2 - \frac{st(st-1)(st-2)}{1.2.3}.\frac{1}{s^3}\left(\frac{V}{K}\right)^3 + \ldots\ldots\ldots$$

Für $s = \infty$ verschwinden die Subtrahenden in den Klammern, und man erhält als Grenzwerth die Reihe

$$1 - t\frac{V}{K} + \frac{1}{1.2}\left(t\frac{V}{K}\right)^2 - \frac{1}{1.2.3}\left(t\frac{V}{K}\right)^3 + \ldots\ldots$$

d. h. die Exponentialreihe mit dem Exponenten $\left(-t\frac{V}{K}\right)$.

Der gesuchte Grenzwerth von $\left(1 - \frac{1}{s}\frac{V}{K}\right)^{st}$ ist also

$$e^{-t\frac{V}{K}},$$

wobei $e = 2{,}71828\ldots.$ die Basis der natürlichen Logarithmen ist.

Und die gesuchte Gleichung ist:

$$\frac{c_2 - c - \frac{1}{V}}{c_1 - c - \frac{1}{V}} = e^{-t\frac{V}{K}}$$

(identisch mit der von HAGENBACH gefundenen).

§ 8. *Umformung der Gleichung.*

Der Zweck dieser Umformung ist zunächst Erleichterung der Rechnung für den Fall, dass die Kohlensäuregehalte c_1 und c_2 (pro

mille), welche zu Anfang und Ende der gemessenen Zeit t (Stunden) in einem Raume von der Grösse K (Kubikmeter) stattfinden, ermittelt worden sind, und dass auch die während der Zeit t stündlich im Raume auf Kosten des Sauerstoffs der Luft erzeugte Kohlensäuremenge (l Liter) bekannt ist, und hieraus ein Schluss gezogen werden soll auf die Luftmenge V (Kubikmeter) vom Kohlensäuregehalte c, welche während derselben Zeit (t) stündlich dem Raume zugeführt worden ist.

Es hat einige Bedeutung, diese Schlussweise zu erleichtern, einmal, weil sie in der That Schwierigkeiten bietet, indem sie die Auflösung einer transscendenten Gleichung erfordert, zweitens, weil sie bis jetzt die einzige wohl ausgebildete Methode ist, durch welche man auf Grund leicht und zuverlässig ausführbarer Messungen zur Kenntniss des Gesammtluftwechsels eines Raumes gelangt, sei es, dass dieser Luftwechsel ohne unser Zuthun, durch Temperaturunterschiede und Wind zu Stande kommt, oder dass er mit Hülfe irgend einer Lüftungsanlage bewirkt wird — und weil dabei die Anwesenheit des Beobachters, durch welche die Schwierigkeit der Rechnung entsteht, behufs Controlle des Ganges der Temperatur, Mischung der Luft, rechtzeitiger Entnahme der Proben . . . . unerlässlich ist.

Die Umformung ist zunächst rein algebraisch und bewirkt, dass aus der Gleichung

$$\frac{c_2 - c - \frac{l}{V}}{c_1 - c - \frac{l}{V}} = e^{-\frac{V}{K}t}$$

diese wird:

$$\frac{c_2 - c - \frac{l}{V}}{c_1 - c_2} = \frac{1}{e^{\frac{V}{K}t} - 1}$$

(was durch Stürzen von Brüchen und Subtraction der Einheit von beiden Seiten der Gleichung erreicht wird).

Ferner soll statt des Bruches $\frac{V}{K}$, welcher die **Häufigkeit der stündlichen Lufterneuerung** im Raume K darstellt, das Zeichen E (Erneuerung) eingeführt und sodann auch auf der linken Seite statt V der Werth KE gesetzt werden, der sich aus der Gleichung $\frac{V}{K} = E$ ergiebt. Dann steht links statt $\frac{l}{V}$ der Bruch $\frac{l}{KE}$, in welchem sich die Unbekannte E von dem Bekannten $\frac{l}{K}$ besser abhebt, wenn

man auch für diese letztere, leicht definirbare physikalische Grösse ein besonderes Zeichen ζ einführt. Es bedeutet nämlich ζ (analog c_2 c_1 c) denjenigen Kohlensäuregehalt (pro mille), um welchen die Zimmerluft ohne Luftwechsel in der Stunde reicher würde, während $\frac{1}{\zeta} = \frac{K}{l}$ der Luftcubus für je 1 Liter im Raume entwickelter Kohlensäure ist.

Es erhält nun die Gleichung die Form

$$\frac{c_2 - c - \zeta : E}{c_1 - c_2} = \frac{1}{e^{Et} - 1}.$$

Sie enthält als Bekannte ausser der Beobachtungszeit t (Stunden) die 4 Kohlensäuregehalte (pro mille des Volumens) c_1, c_2, c, ζ, von welchen die beiden ersten am Anfang und Ende der Zeit t beobachtet, c, soweit nicht genauere Anhaltspunkte vorhanden sind, zu 0,4 angenommen, und $\zeta = \frac{l}{K}$ aus der im Raume K (cbm) entwickelten Kohlensäuremenge l (Liter pro Stunde) berechnet werden kann. Die Unbekannte ist die Lufterneuerung E, für welche ein solcher Werth zu wählen ist, dass beide Seiten der Gleichung den gleichen Zahlenwerth erhalten. Eine andere Art der Auflösung ist nicht möglich, ausser wenn $\zeta = 0$ ist, d. h. im Raume K Kohlensäure nicht entwickelt wird.

§ 8. *Berechnung des Luftwechsels aus der Abnahme des Kohlensäuregehaltes*, d. h. aus zwei Kohlensäurebestimmungen ($c_1 > c_2$), die am Anfang und am Ende der Zeit t ausgeführt wurden.

Um die Berechnungen möglichst bequem und zugänglich zu machen, wurde die Function von E und t, welche die rechte Seite der Gleichung bildet, für 9 Zeitintervalle (t) von $^1/_8$ bis zu 2 Stunden und für eine Reihe von Lufterneuerungen (E) von 0,1 bis 5,0 berechnet und in zwei Tabellen untergebracht. (S. 538 u. f.)

Mit Hülfe derselben ist es leicht, die Unbekannte E, wenn sie kleiner als 1 ist, auf zwei Decimalen, wenn sie 1 überschreitet, auf eine Decimale genau zu finden, wie an folgenden Beispielen gezeigt werden soll.

Beispiel 1. (Natürlicher Luftwechsel eines gewölbten Lehrsaales im Gymnasium zu Passau bei 5,64 m Höhe und 23° Temperaturdifferenz.) Der Kohlensäuregehalt eines Lehrzimmers von 340 cbm hatte, nachdem die Schüler und Beobachter dasselbe verlassen, in 30 Minuten von 3,55 auf 2,93 pro mille abgenommen. Wie gross ist der Luftwechsel?

Tafel der Werthe von $f = 1 : (e^{Et} - 1)$

I. Abtheilung.

E	10′	15′	20′	25′	30′	40′	50′	60′	120′	(Min. Beobachtungszeit $t=\frac{10}{60}\ldots$)
0,10	59,5	39,5	29,5	23,5	19,5	14,5	11,5	9,5	4,5	
0,12	49.5	32,8	24,5	19,5	16,2	12,0	9,5	7,8	3,7	
0,14	42,4	28,1	20,9	16,7	13,8	10,2	8,0	6,6	3,1	
0,16	37,0	24,5	18,3	14,5	12,0	8,9	7,0	5,8	2,7	
0,18	32,8	21,7	16,2	12,8	10,6	7,8	6,2	5,1	2,3	
0,20	29,5	19,5	14,5	11,5	9,5	7,0	5,5	4,5	2,03	
0,22	26,8	17,7	13,1	10,4	8,6	6,4	5,0	4,1	1,83	
0,24	24,5	16,2	12,0	9,5	7,8	5,8	4,5	3,7	1,63	
0,26	22,6	14,9	11,1	8,8	7,2	5,3	4,1	3,4	1,47	
0,28	20,9	13,8	10,2	8,1	6,6	4,9	3,8	3,1	1,34	
0,30	19,5	12,8	9,5	7,5	6,2	4,52	3,53	2,86	1,22	
0,32	18,3	12,0	8,9	7,0	5,8	4,22	3,28	2,65	1,13	
0,34	17,2	11,3	8,3	6,6	5,4	3,94	3,06	2,47	1,05	
0,36	16,2	10,6	7,8	6,2	5,1	3,69	2,86	2,31	0,97	
0,38	15,3	10,0	7,4	5,8	4,8	3,46	2,69	2,17	0,89	
0,40	14,5	9,5	7,0	5,5	4,52	3,27	2,53	2,03	0,82	
0,42	13,8	9,0	6,7	5,2	4,29	3,11	2,39	1,91	0,76	
0,44	13,1	8,6	6,4	4,9	4,08	2,94	2,26	1,81	0,71	
0,46	12,5	8,2	6,1	4,7	3,87	2,79	2,14	1,71	0,66	
0,48	12,0	7,8	5,8	4,5	3,69	2,65	2.03	1,62	0,62	
0,50	11,5	7,5	5,5	4,31	3,53	2,53	1,93	1,54	0,58	
0,52	11,1	7,2	5,3	4,13	3,38	2,42	1,84	1,47	0,55	
0,54	10,6	6,9	5,1	3,97	3,24	2,31	1,75	1,40	0,52	
0.56	10,2	6,6	4,9	3,82	3,11	2,21	1,68	1,34	0,49	
0,58	9,8	6.4	4,7	3.67	2,98	2,12	1,61	1,28	0,46	
0,60	9,5	6,2	4,52	3,53	2,86	2,03	1,54	1,22	0,43	
0,62	9,2	6,0	4,36	3,41	2,75	1,94	1,48	1,17	0,41	
0,64	8,9	5,8	4,22	3,29	2,65	1,86	1,42	1,12	0,39	
0,66	8,6	5,6	4,08	3,18	2,56	1,79	1,36	1,07	0,37	
0,68	8,3	5,4	3,94	3,07	2,47	1,73	1,31	1,02	0,35	
0,70	8,1	5,21	3,80	2,96	2,39	1,68	1,26	0,98	0,33	
0,72	7,8	5,06	3,68	2,87	2,31	1,62	1,21	0,94	0,312	
0,74	7,6	4,92	3,57	2,78	2,24	1,57	1,17	0,91	0,297	
0,76	7,4	4,78	3,47	2,69	2,17	1,52	1,13	0,88	0,282	
0,78	7,2	4.65	3,37	2,61	2,10	1,47	1,09	0,85	0,267	
0,80	7,01	4,52	3,28	2,53	2,03	1,42	1,05	0,82	0,253	
0,82	6,83	4,40	3,20	2,46	1,97	1,38	1.02	0,79	0,240	
0,84	6,66	4,29	3,11	2,39	1,91	1,34	0,98	0,76	0,228	
0,86	6,49	4.18	3,02	2,32	1,86	1,30	0,95	0,74	0,217	
0,88	6,33	4,08	2,94	2,26	1,81	1,26	0,92	0,71	0,206	
0,90	6,18	3,97	2,86	2,20	1,76	1,22	0,89	0,68	0,197	
0,92	6,04	3.87	2,79	2,14	1,71	1,18	0,87	0,66	0,188	
0,94	5,91	3.78	2,72	2,08	1,66	1,14	0,84	0,64	0,180	
0,96	5,78	3.69	2,65	2,03	1,62	1,11	0,82	0,62	0,172	
0,98	5,65	3,61	2,59	1,98	1,58	1,08	0,79	0,60	0,164	
1,00	5,52	3,53	2,53	1,93	1,54	1,05	0,77	0,58	0,156	

Tafel der Werthe von $f = 1 : (e^{Et} - 1)$

II. Abtheilung.

E	10′	15′	20′	25′	30′	40′	50′	60′	120′	(Min. Beobachtungszeit $t = \frac{10}{60} \ldots$)
1,0	5,52	3,53	2,53	1,93	1,54	1,05	0,769	0,582	0,156	
1,1	4,97	3,15	2,26	1,71	1,36	0,924	0,666	0,499	0,125	
1,2	4,52	2,86	2,03	1,54	1,22	0,816	0,582	0,431	0,100	
1,3	4,13	2,60	1,84	1,39	1,09	0,726	0,512	0,375	0,080	
1,4	3,80	2,39	1,68	1,26	0,98	0,648	0.452	0,327	0,065	
1,5	3,53	2,20	1,54	1,15	0,90	0,582	0,402	0,287	0,052	
1,6	3,28	2,03	1,42	1,05	0,816	0,525	0,358	0,253	0,042	
1,7	3,05	1,89	1,31	0,97	0,746	0,475	0,320	0,223	0,034	
1,8	2,86	1,76	1,22	0,90	0,684	0,431	0.287	0,197	0,028	
1,9	2,69	1,64	1,13	0,83	0,631	0,392	0,258	0,175	0,023	
2,0	2,53	1,54	1,05	0,77	0,582	0,358	0,233	0,156	0,018	
2,1	2,39	1,45	0,98	0,714	0,538	0,327	0,210	0.139	0,015	
2,2	2,26	1,36	0,92	0,666	0,499	0,300	0,190	0,125	0,012	
2,3	2,14	1,29	0,86	0,622	0.463	0,275	0,172	0,111	0,010	
2,4	2,03	1,22	0,82	0,582	0,431	0,253	0,156	0,100	0,008	
2,5	1,93	1,15	0,77	0,545	0,402	0,233	0,142	0,089	0,007	
2,6	1,84	1,09	0,725	0,512	0,375	0,214	0,129	0,080	0,006	
2,7	1,76	1,04	0,684	0,481	0,350	0,197	0,117	0,072	0,005	
2,8	1,68	0,99	0,648	0,452	0,327	0,183	0,107	0,065	0,004	
2,9	1,61	0,94	0,614	0,426	0,306	0,169	0,098	0,058	0,003	
3,0	1,54	0,90	0,582	0,402	0,287	0,156	0,090	0,052	0,0025	
3,1	1,48	0,86	0,552	0,380	0,269	0,144	0,083	0,047	0,002	
3,2	1,42	0,82	0,524	0,359	0,253	0,133	0,076	0,043	0,002	
3,3	1,36	0,78	0,498	0,339	0,238	0,124	0,069	0,039	0,002	
3,4	1,31	0,75	0,474	0,321	0,224	0,115	0,063	0,035	0,001	
3,5	1,26	0,714	0,451	0,303	0,210	0,107	0,057	0,031	0,001	
3,6	1,21	0,687	0,429	0,287	0,197	0,100	0,052	0,028	0,001	
3,7	1,17	0,660	0,418	0,272	0,185	0,093	0,047	0,025	0,001	
3,8	1,13	0,634	0,398	0,258	0.175	0,087	0,043	0,023	0,000	
3,9	1,09	0,608	0,378	0,245	0,166	0,081	0,040	0,021	0,000	
4,0	1,05	0,582	0,358	0,233	0,157	0,075	0,037	0,019	0,000	
4,1	1,01	0,558	0.340	0,222	0,149	0,070	0,034	0.017	„	
4,2	0,98	0,536	0,324	0,211	0,141	0,065	0,031	0,015	„	
4,3	0,95	0,516	0,310	0,201	0,133	0,060	0,028	0,013	„	
4,4	0,92	0,498	0,298	0,191	0,125	0,056	0,026	0,012	„	
4,5	0,89	0,481	0,287	0,181	0,118	0,052	0,024	0,011	„	
4,6	0,87	0,464	0,276	0,172	0,111	0,049	0,022	0,010	„	
4,7	0,84	0,448	0,265	0,164	0,104	0,046	0.020	0,009	„	
4,8	0,81	0,432	0,254	0,156	0,098	0,043	0,018	0,008	„	
4,9	0,79	0,416	0,243	0,148	0,093	0,040	0,017	0,007	„	
5,0	0,77	0,400	0,232	0,141	0,089	0,037	0,016	0,007	„	

Hier ist $c_1 = 3{,}55$, $c_2 = 2{,}93$, $c = 0{,}4$, $\zeta = 0$, $t = {}^{30}/_{60}$ zu setzen.

Man rechnet den Quotienten

$$\frac{c_2 - c}{c_1 - c_2} = 4{,}08$$

aus und sucht in der Tabelle unter der mit 30′ überschriebenen Verticalspalte den Werth 4,08, den die Function haben soll.

In der Zeile vorgehend findet man in der ersten Spalte $E = 0{,}44$.

Die Lufterneuerung findet demnach 0,44 mal in der Stunde statt, oder es strömen 340 . 0,44, d. i. 150 cbm frische Luft in der Stunde zu.

Beispiel 2. (Ventilation eines Zimmers im hygienischen Institut zu München durch einen Luftschacht aus dem Freien.) In einem Zimmer von 60 cbm Inhalt sank bei Anwesenheit des Beobachters der Kohlensäuregehalt in 20 Minuten von 2,31 auf 1,53 pro mille. Wie gross war der stündliche Luftwechsel?

Es ist $c_1 = 2{,}31$, $c_2 = 1{,}53$, $c = 0{,}4$, $\zeta = {}^{20}/_{60}$ $t = {}^{20}/_{60}$.

In Ermangelung eines genaueren Anhaltspunktes nimmt man zunächst auf Gerathewohl $E = 1$ und findet hierzu unter der Colonnenüberschrift 20′ den Werth der Function

2,53.

Der Bruch auf der linken Seite der Gleichung

$$\frac{1{,}53 - 0{,}4 - {}^{1}/_{3}}{2{,}31 - 1{,}53} \text{ wird } 1{,}03$$

und ändert sich nur sehr langsam mit dem Werthe von E.

Um die Differenz zwischen 2,53 und 1,03 auszugleichen, ist man somit auf eine Annäherung der Function an 1,03 angewiesen und bewirkt diese, indem man sofort in der Spalte 20′ auf den Werth **1,05** hinabgeht, der dem 1,03 zunächst liegt, ohne ihn zu überspringen. Das zugehörige E ist **2,0**, der Bruch links aber wird jetzt

$$\frac{1{,}53 - 0{,}4 - \frac{1}{3 \, . \, 2}}{2{,}31 - 1{,}53} \text{ oder } \mathbf{1{,}28}$$

Man hat also jetzt:

E	Function	Bruch
2	1,05	1,28

und rückt nun neuerdings mit der Function in Spalte 20′ so nahe an den Bruch, als es ohne Ueberspringen desselben möglich ist, d. h. von unten nach oben auf **1,22**. Das zugehörige E ist **1,8**.

Der Bruch

$$\frac{1{,}53 - 0{,}4 - \frac{1}{3 \, . \, 1{,}8}}{2{,}31 - 1{,}53}$$

erhält nun den Werth 1,21 und liegt somit der Function 1,22 so nahe, dass

$$E = 1,8$$

als das hinreichend genaue Resultat der Rechnung anzusehen ist.

Beispiel 3 (fingirt). Bei Anwesenheit von zwei Personen in einem Raume von 100 cbm sank in 30 Minuten der Kohlensäuregehalt von 1,75 auf 1,13 pro mille. Es soll der stündliche Luftwechsel berechnet werden.

Es ist $c_1 = 1,75$, $c_2 = 1,13$, $c = 0,4$, $\zeta = \frac{40}{100}$, $t = \frac{30}{60}$.

Durch das gleiche Verfahren wie in Nr. 2 erhält man folgende zusammengehörige Werthe:

$t = 30'$

Nr.	E	Function	Bruch
1.	1	1,54	0,53
2.	2	0,582	0,855
3.	1,6	0,816	0,774

Der Unterschied zwischen dem Bruche und der Function ist nun geringer als der Unterschied zwischen den zwei auf einander folgenden Werthen 0,816 und 0,746 der Function, von denen der erstere zu $E = 1,6$, der zweite zu $E = 1,7$ gehört, und somit ist der Schluss des Verfahrens angezeigt, da das gefundene $E = 1,6$ jedenfalls um weniger als 0,1 von dem wahren Werthe abweicht, und der Mittelwerth $E = 1,65$ nicht um 0,05 falsch sein kann.

§ 9. *Berechnung des Ventilationsbedarfs für dauernden Aufenthalt.*

Es soll hier die S. 528 für Berechnung des Ventilationsbedarfs aufgestellte Formel begründet werden.

Da man unter dem Ventilationsbedarf diejenige Luftmenge $\overline{V}$ (von 0,4 pro mille Kohlensäuregehalt) versteht, welche stündlich einem Locale zuzuführen ist, damit der Kohlensäuregehalt der Luft durch das Athmen der darin befindlichen Menschen einen bestimmten Grenzwerth überhaupt nicht (nie) erreiche, so wird E zu der dem Ventilationsbedarf entsprechenden Lufterneuerung $\overline{E}$, wenn man die Zeit t unendlich gross annimmt.

Hierdurch wird die rechte Seite der Gleichung zu Null, und aus

$$\frac{c_2 - c - (\zeta : \overline{E})}{c_1 - c_2} = 0$$

folgt

$$c_2 - c - (\zeta : \overline{E}) = 0$$

und hieraus $\zeta = \overline{E}\,(c_2 - c)$ oder $\overline{E} = \frac{\zeta}{c_2 - c}$;

d. h. man erhält diejenige Lufterneuerung, welche verhindert, dass c auf c_2 anwächst, wenn man die Anzahl (ζ) der in 1 cbm des Raumes stündlich entwickelten Liter CO_2 durch die Differenz $c_2 - c$ dividirt.

Wird hier $\zeta = \frac{1}{K}$ und $\overline{E} = \frac{\overline{V}}{K}$ eingesetzt, so erhält man auch

$$\frac{1}{\overline{V}} = c_2 - c$$

und der stündliche Ventilationsbedarf ($\overline{V}$) wird allgemein:

$$\overline{V} = \frac{1}{c_2 - c} \text{ Kubikmeter}$$

Hier bezeichnet 1 die Anzahl der stündlich im Raume durch Athmung entwickelten Liter Kohlensäure, c den Kohlensäuregehalt der frischen Luft (in $\overline{V}$), c_2 den Grenzgehalt an Kohlensäure, den man zu vermeiden wünscht.

Für $c_2 = 1$, $c = 0{,}4$ wird $V = \frac{5}{3}\,1$ wie oben, d. h. es müssen für jedes im Raume entwickelte Liter Kohlensäure $\frac{5}{3}$ Kubikmeter frische Luft zugeführt werden.

§ 10. Beziehung zwischen dem Ventilationsbedarf für dauernden und dem für zeitweiligen Aufenthalt.

Der Luftwechsel E, welcher nöthig ist, um zu verhüten, dass in der Zeit t (Stunden) ein gewisser CO_2-Gehalt (c_2) erreicht werde, hängt mit dem (grösseren) Luftwechsel $\overline{E}$, der nöthig ist, damit die genannte Luftverschlechterung überhaupt niemals eintritt, durch eine einfache Gleichung zusammen.

Diese Gleichung wird erhalten, wenn man in der allgemeinen Gleichung

$$\frac{\zeta : E - (c_3 - c)}{c_2 - c_1} = \frac{1}{e^{Et} - 1} \ (= f)$$

den anfänglichen CO_2-Gehalt c_1 durch den der freien Luft (c), und ζ durch den Ausdruck

$$\zeta = \overline{E}\,(c_3 - c)$$

ersetzt, der aus § 9 bekannt ist.

Dann hebt sich die Differenz der CO_2-Gehalte ($c_3 - c$) weg, und man erhält

$$\overline{E} - E\,(1 + f).$$

Durch diese Gleichung ist freilich zunächst nur der Uebergang von einem bekannten Luftwechsel E, welcher verhütet, dass ein be-

stimmter CO_2-Gehalt in irgend einer Zeit t erreicht wird, zu dem Luftwechsel $\bar{E}$, der dasselbe für beliebig lange Zeit leistet, sehr bequem gemacht. Man hat nur zu E das der Zeit t entsprechende f der Tafel zu entnehmen, um 1 zu vergrössern und mit E selbst zu multipliciren. Aber man kommt auch umgekehrt ziemlich leicht zum Ziele, indem man $\bar{E}$ nach § 9 aus

$$\bar{E} = \frac{\zeta}{c_2 - c}$$

berechnet, und sodann mit Hülfe der Tafel probirt, ein E zu finden, welches mit dem der gewünschten Zeit t entsprechenden $(1 + f)$ multiplicirt dem berechneten $\bar{E}$ nahe kommt.

Das Verfahren soll an Beispielen erläutert werden.

Beispiel 1. Es ist der Ventilationsbedarf zu berechnen für drei Erwachsene oder zwei Erwachsene und zwei Kinder, die sich zwei Stunden in einem geräumigen Wohnzimmer aufhalten, welches K = 100 cbm Rauminhalt (z. B. 5. 5. 4) besitzt.

Es ist l = 3 . 20 oder 60 Liter,

$$\zeta = \frac{l}{K} = 0,6 \text{ pro mille}; \; c_2 - c = 0,6; \; t = 2,$$

somit

$$\bar{E} = \frac{\zeta}{c_2 - c} = 1.$$

Man sucht nun in der mit 120′ überschriebenen Spalte eine Zahl (f), welche um 1 vergrössert und mit dem in der gleichen Zeile stehenden E multiplicirt 1 gibt.

Da die Producte E (1 + f) mit E stetig wachsen, und für E = 1, 1 + f = 1,156 ist, so ist das gesuchte E kleiner als 1, und man findet leicht

$$0,80 . 1,253 = 1,0024$$

als nächstliegendes Product.

Eine Lufterneuerung von 0,8 in der Stunde verhindert demnach das Anwachsen der CO_2 auf mehr als 1 pro mille in 2 Stunden.

Einen so grossen Luftwechsel dürfte man im Allgemeinen als „natürlichen" Luftwechsel nicht voraussetzen. Es besteht somit in dem angenommenen Falle für das Wohnzimmer das Bedürfniss, stündlich 0,8 . 100 oder 80 cbm frische Luft zuzuführen.

Bei dauerndem Aufenthalte wären 100 cbm erforderlich.

Somit ist der Unterschied nicht erheblich.

Folgende kleine Tabelle gibt eine rasche Uebersicht über das zu Erwartende für 2 Stunden.

Wenn der Luftwechsel $\bar{E}$ erforderlich ist, um eine bestimmte Verschlechterung der reinen Luft für immer zu verhüten, so ist der

Luftwechsel E_2 nöthig, um den gleichen Grad der Verschlechterung 2 Stunden lang hintanzuhalten.

$\overline{E}$	E_2
0,606	0,2
0,728	0,4
0,858	0,6
1,002	0,8
1,156	1,0
2,036	2,0
3,008	3,0
4,000	4,0
5,000	5,0

Man darf also sagen, dass der Luftwechsel, der auf 2 Stunden hin vorhalten soll, von dem für beliebige Zeitdauer nöthigen nicht mehr merklich verschieden ist, sobald er die Zahl 1 übersteigt.

Für Locale, in welchen eine grosse Ansammlung von Menschen auf kurze Zeit, z. B. 1 Stunde, stattfinden soll, ist man geneigt, die Grenze der zulässigen Luftverschlechterung etwas weiter, etwa auf 1,5 pro mille, zu stecken.

Man hat dann $c_2 - c = 1,5 - 0,4$ oder 1,1 und $\overline{E} = \frac{\zeta}{1,1}$.

Beispiel 2. Wenn in einem geräumigen Lehrzimmer von 300 cbm (z. B. 10 . 7,5 . 4) 50 Schüler von 14—16 Jahren und der Lehrer den CO_2-Gehalt in einer Stunde nicht über 1,5 steigern sollen, würde man den nöthigen Luftwechsel (E_1), in folgender Weise bemessen: Für die Berechnung von $\zeta = \frac{1}{K}$ macht man die Annahme, dass ein Schüler von 14—16 Jahren 15 Liter CO_2 ausscheidet. Für den thätigen Lehrer kann man 27 Liter ansetzen. Dann ist $1 = 50 . 15 + 27$ oder 777 Liter, $\zeta = \frac{1}{K} = 2,59$; $\overline{E} = 2,36$; also $E_1 < 2,36$.

Man rechnet E_1 aus

$$E_1 (1 + f_1) = 2,36$$

indem man versucht $E_1 = 2,0$

$$2 (1,156) = 2,312$$

was schon sehr nahe kommt. $E_1 = 2,1$ gibt

$$2,1 . (1,139) = 2,392$$

Somit liegt E_1 zwischen 2,0 und 2,1, und es ist $E_1 = 2,06$ ein hinreichend genauer Werth. Dem Lehrzimmer müssten demnach stündlich

$$2,06 . 300 \text{ oder } 618 \text{ cbm}$$

frische Luft zugeführt werden, wenn der CO_2-Gehalt nicht schon in einer Stunde 1,5 ‰ überschreiten soll.

Für dauernden Aufenthalt würden sich 2,36 . 300 oder 708 cbm berechnen, so dass auch hier der Unterschied nicht bedeutend ist.

Die folgende Zusammenstellung bezieht sich auf eine Stunde.

Wenn der Luftwechsel $\overline{E}$ erforderlich ist, um eine bestimmte Luftverschlechterung für immer zu verhüten, so ist der Luftwechsel E_1 nöthig, um den gleichen Grad von Luftverschlechterung eine Stunde lang hintanzuhalten:

$\overline{E}$	E_1
1,10	0,2
1,21	0,4
1,33	0,6
1,45	0,8
1,58	1,0
2,31	2,0
3,16	3,0
4,08	4,0
5,03	5,0

§ 11 a. Berechnung der Luftverschlechterung, welche nach Verlauf einer bestimmten Zeit (t) in einem Local von bestimmter Grösse (K) eingetreten ist, wenn in demselben während dieser Zeit eine gewisse Anzahl von Menschen athmeten und zugleich ein Luftwechsel von bestimmter Grösse (E) stattfand.

Bezeichnet man wieder mit f den Werth, welchen die Function $\frac{1}{e^{Et}-1}$ für die Zeit t und die angenommene Lufterneuerung E annimmt, und der sofort aus der Tabelle entnommen werden kann, so hat man in der Gleichung

$$\frac{c_2 - c - \zeta : E}{c_1 - c_2} = f$$

noch c durch den Kohlensäuregehalt 0,4 der freien Luft zu ersetzen und kann, wenn man zu Anfang der Zeit t die Innenluft des Locales als frische Luft annehmen darf, denselben Werth 0,4 auch für c_1 einsetzen. Durch Auflösung der Gleichung nach c_2 erhält man dann

$$c_2 = 0{,}4 + \frac{\zeta : E}{1 + f},$$

wobei der zweite Summand auf der rechten Seite die Zunahme des Kohlensäuregehaltes, also die eingetretene Luftverschlechterung darstellt.

War der anfängliche Kohlensäuregehalt c_1 nicht 0,4, sondern höher, so ist

$$c_2 - 0{,}4 - \zeta : E = fc_1 - fc_2,$$

$$c_2 = \frac{0{,}4 + fc_1}{1+f} + \frac{\zeta : E}{1+f}$$

oder

$$c_2 = 0{,}4 + \frac{\zeta : E}{1+f} + \frac{f(c_1 - 0{,}4)}{1+f}.$$

Es ist also noch ein Summand $\frac{f(c_1-0{,}4)}{1+f}$ hinzuzufügen, der diesem Ueberschusse $(c_1 - 0{,}4)$ Rechnung trägt.

Die Grösse $\zeta = \frac{1}{K}$ ist das Verhältniss der in Litern ausgedrückten, stündlich im Raume erzeugten Kohlensäure zu dem in Kubikmetern ausgedrückten kubischen Inhalte des Raumes.

Es scheint nun von allgemeinem Interesse, für Zimmer von verschiedener Grösse, wie sie gewöhnlich als Wohnzimmer oder Schlafzimmer dienen, sodann aber auch für Gastzimmer und die Lehrsäle unserer Schulen sichere Angaben zu besitzen über die Luftverschlechterung, welche eintritt, wenn man diese Räume ohne besondere Lüftungsvorrichtungen sich selbst überlässt, also auf denjenigen Luftwechsel beschränkt, der ohne unser Zuthun durch die Fugen der Fenster, Thüren und Dielen, sowie durch die Poren der Baumaterialien vor sich geht.

Von diesem sog. natürlichen Luftwechsel, seiner Grösse und den Umständen, die ihn begünstigen, wird in der Folge noch ausführlich die Rede sein. Hier sei als Grundlage der Rechnung vorausgeschickt, dass man die durch Temperaturunterschiede und Wind in der Stunde bewirkte Lufterneuerung unter mittleren Verhältnissen (Temperaturdifferenzen von 5 bis 15°, bei schwachem Winde, nicht allzu exponirter Lage, wohl aber ordinär gedieltem Fussboden und gewöhnlicher, nicht vergipster Decke ohne Uebergangsgesimse) nicht wohl höher als $^1/_4$, und selbst unter sehr günstigen Umständen (Temperaturunterschiede von 15 bis 30°, mässiger Wind, Ecklage mit 4 Fenstern, im Uebrigen wie vorhin) selten grösser als $^1/_3$ finden wird.

Nur in Ausnahmefällen, z. B. bei Zimmern, die nach drei Seiten frei liegen, etwas defecte Fussböden, von Sprüngen durchzogene Decken, schlecht schliessende Fenster und Thüren haben, fanden sich bei hohen Temperaturdifferenzen oder stärkerem Winde Lufterneuerungen, welche bis zu 1 anwachsen und diese Zahl sogar noch

etwas überschreiten. Solche Ausnahmefälle der Rechnung zu Grunde zu legen, wäre nicht gerechtfertigt und könnte schädliche Missverständnisse veranlassen.

Nach der anderen Seite hin sei bemerkt, dass in einem Zimmer, welches nur eine Wand der freien Luft zukehrt, einen gewichsten Parketboden hat und eine gut vergipste Decke, die durch Uebergangsgesimse an die aufrechten Wände angeschlossen ist, der natürliche Luftwechsel — abgesehen von der Zugwirkung eines im Zimmer geheizten Ofens — weniger als ¼ beträgt, und dass auch diese letztere sehr veränderliche Wirkung, auf das Zugloch beschränkt, trotz des mit ihr verbundenen lästigen Zuges durch die Fenster- und Thürritzen, 10 bis 15 Kubikmeter in der Stunde nicht überschreiten dürfte.

Es soll nun zunächst die stündliche Lufterneuerung ¼ vorausgesetzt und berechnet werden, wie hoch dabei nach und nach der Kohlensäuregehalt der Zimmerluft anwächst, wenn sich in dem Zimmer 1, 2, 3, 4, 5 und mehr Personen aufhalten, von welchen jede stündlich 20 Liter Kohlensäure ausscheidet.

Dabei sollen vier Zimmergrössen berücksichtigt werden, wie sie als Wohn- und Schlafzimmer vorkommen, nämlich ein kleines Zimmer von **50 cbm** Inhalt (z. B. 4 m lang, 3½ m breit, 3½ m hoch), ein mittelgrosses Zimmer von **75 cbm** Inhalt (z. B. 5 m lang, 4,4 m breit, 3½ m hoch), ein grosses Zimmer von **100 cbm** (z. B. 5,5 m lang, 5 m breit, 3,6 m hoch) und ein sehr grosses Zimmer von **150 cbm** (z. B. 7 m lang, 6 m breit, 3,6 m hoch).

Dann ergibt sich folgende Zusammenstellung:

1. In dem kleinen Zimmer (K = 50 cbm) ist bei ¼ Lufterneuerung in der Stunde:

der Kohlensäuregehalt:

Personen	Luftcubus	nach Stunden: ¼	½	1	2	∞
1	50	0,50	0,59	0,75	1,03	2,0
2	25	0,59	0,78	1,10	1,66	3,6
3	17	0,69	0,97	1,46	2,29	5,2
4	13	0,79	1,16	1,81	2,92	6,8
5	10	0,88	1,34	2,16	3,55	8,4

2. In einem mittelgrossen Zimmer (K = 75 cbm) ist bei ¼ Lufterneuerung in der Stunde

der Kohlensäuregehalt:

Personen	Luftcubus	nach Stunden: 1/4	1/2	1	2	∞
1	75	0,46	0,53	0,63	0,82	1,47
2	38	0,53	0,65	0,87	1,24	2,53
3	25	0,59	0,78	1,10	1,66	3,60
4	19	0,66	0,90	1,34	2,08	4,67
5	15	0,72	1,03	1,57	2,50	5,73
6	13	0,79	1,16	1,81	2,92	6,80
7	11	0,85	1,28	2,04	3,34	7,87
8	9	0,92	1,41	2,28	3,76	8,93
9	8	0,98	1,53	2,51	4,18	10,00
10	7 1/2	1,05	1,66	2,75	4,60	11,07

3. In einem grossen Zimmer (K = 100 cbm) ist bei 1/4 Lufterneuerung in der Stunde

der Kohlensäuregehalt:

Personen	Luftcubus	nach Stunden: 1/4	1/2	1	2	∞
1	100	0,45	0,49	0,58	0,72	1,20
2	50	0,50	0,59	0,75	1,03	2,00
3	33	0,55	0,68	0,93	1,35	2,80
4	25	0,59	0,78	1,10	1,66	3,60
5	20	0,64	0,87	1,28	1,98	4,40
6	17	0,69	0,97	1,46	2,29	5,20
7	14	0,74	1,06	1,63	2,61	6,00
8	13	0,79	1,16	1,81	2,92	6,80
9	11	0,84	1,25	1,98	3,24	7,60
10	10	0,88	1,34	2,16	3,55	8,40

4. In einem sehr grossen Zimmer (K = 150 cbm) ist bei 1/4 Lufterneuerung in der Stunde

der Kohlensäuregehalt:

Personen	Luftcubus	nach Stunden: 1/4	1/2	1	2	∞
1	150	0,43	0,46	0,52	0,61	0,94
2	75	0,46	0,53	0,63	0,82	1,47
3	50	0,50	0,59	0,75	1,03	2,00
4	38	0,53	0,65	0,87	1,24	2,53
5	30	0,56	0,71	0,99	1,45	3,07
6	25	0,59	0,78	1,10	1,66	3,60
7	21	0,63	0,84	1,22	1,87	4.13
8	19	0,66	0,90	1,34	2,08	4,67
9	17	0,69	0,97	1,46	2,29	5,20
10	15	0,72	1,03	1,57	2,50	5,74

Man entnimmt aus den Tabellen, dass unter gewöhnlichen Umständen eine Person die Luft eines kleinen Zimmers schon nach zwei Stunden über das zulässige Maass verdorben hat und mit der Zeit selbst in einem mittelgrossen und grossen Zimmer die Grenze 1,0 pro mille überschreitet. Nur in einem sehr grossen Zimmer von 150 und mehr Kubikmeter Rauminhalt bleibt die Luft trotz des dauernden Aufenthaltes einer Person hinreichend rein.

Zwei Personen verderben die Luft selbst in einem sehr grossen Zimmer mit der Zeit übermässig und athmen in gewöhnlichen Wohn- und Schlafzimmern schon nach zweistündigem Aufenthalte schlechte Luft, deren gesundheitsschädliche Wirkungen sich fortgesetzt steigern.

Drei Personen oder zwei Erwachsene und zwei Kinder erfreuen sich selbst in einem sehr grossen Schlafzimmer nur zwei Stunden lang leidlich guter Luft, in den folgenden Stunden der Nacht athmen sie eine Luft, welche der aus dem Freien Eintretende als übelriechend und beklemmend bezeichnen würde.[1])

Zehn Personen würden ein Gastzimmer, welches die Grösse der in Nr. 2 oder Nr. 3 behandelten Locale hat, für „sehr gemüthlich“ erklären. Sie entnehmen der Tabelle, dass sie schon in einer halben Stunde die Luft übermässig verdorben haben und nach zwei Stunden etwas einathmen würden, was kaum weniger Widerstandsfähigkeit voraussetzt, als die Anhäufung alkoholischer Getränke.

In der That bemerkt man, dass in solchen besonders gemüthlichen, abonnirten oder reservirten Localen schon nach einer halben Stunde einzelne Gäste anfangen unruhig zu werden und verschiedene bedenkliche Mittel versuchen, um „die Hitze“ oder „den Rauch“ los zu werden.

Die gegebenen Tabellen erhalten eine allgemeinere Bedeutung, wenn man bedenkt, dass bei der gleichen Lufterneuerung ($E = \frac{1}{4}$) nach Verlauf der gleichen Zeit der Kohlensäuregehalt immer dann der gleiche ist, wenn der Person der gleiche Luftcubus zukommt.

So ist z. B. der Luftcubus der Person gleich gross (nämlich 50 cbm), ob in einem Zimmer von 50 cbm eine Person, oder in einem Zimmer von 100 cbm zwei Personen oder in 150 cbm drei Personen athmen. Demgemäss findet man nach zwei Stunden in der Tabelle 1

1) Auf diese Thatsachen ist vielleicht die Meinung von der besonders wohlthätigen Wirkung des vormitternächtlichen Schlafes zurückzuführen. Jedenfalls gehört hierher die Erfahrung, dass Schlaflosigkeit häufig durch Oeffnen eines Fensters erfolgreich bekämpft wird.

dieselbe Zahl für eine Person eingetragen, welche in Tabelle 3 für zwei Personen, in Tabelle 4 für drei Personen steht (1,03).

Demnach ist es möglich, auch für eine andere nicht direct berechnete Zimmergrösse in der Tabelle den Kohlensäuregehalt zu finden, der bei Anwesenheit einer gewissen Zahl von Personen nach einer bestimmten Zeit entstanden ist. Man berechnet den Luftcubus der Person und sucht in den Tabellen einen gleich grossen Luftcubus. Was in der Zeile neben diesem Luftcubus steht, gilt auch für die neuen Verhältnisse. So ergiebt sich z. B., wenn 4 Personen in einem Raume von 120 cbm athmen, der Luftcubus der Person gleich 120:4 oder 30 cbm. Denselben Luftcubus findet man in Tabelle 4 für 5 Personen (150:5 = 30). Es bringen demnach vier Personen in einem Zimmer von 120 cbm Inhalt den Kohlensäuregehalt in beliebiger Zeit ebenso hoch wie 5 Personen in einem Zimmer von 150 cbm, und beispielsweise in einer Stunde an die Grenze der noch zulässigen Luftverschlechterung.

Will man die Zahlen für 4 Personen in 130 cbm haben, so führt der Luftcubus der Person (130 : 4) oder 32,5 in die Nähe von 100:3 oder 33, also in die dritte Zeile der Tabelle 3, deren Zahlen man unbedenklich anwenden kann.

Ein Lehrsaal, der für 40 Schüler von 14—17 Jahren bestimmt ist, soll etwa 10 m lang, 7,5 m breit, 4 m hoch sein, also 300 cbm fassen.

Nimmt man die Kohlensäureausscheidung pro Kopf und Stunde zu 15 Liter an, so wächst unter den gewöhnlichen Verhältnissen des Wintersemesters d. h., bei 1/4 Lufterneuerung, der Kohlensäuregehalt in einem solchen Saale an wie folgt:

Zahl der Schüler	Luftcubus des Schülers	nach Stunden: 1/4	1/2	1	2
30	10	0,76	1,11	1,72	2,76
40	7,5	0,88	1,34	2,16	3,55
50	6	1,01	1,58	2,60	4,34
60	5	1,13	1,82	3,04	5,13

Daraus folgt, dass die Schüler selbst in einem geräumigen Lehrsaale, der nur schwach oder normal besetzt ist, doch schon nach der ersten halben Stunde in schlechter Luft athmen, und dass dieser Uebelstand bei stärkerer Besetzung schon nach einer Viertelstunde eingetreten ist.

Da bessere Verhältnisse (grösserer Luftcubus oder viel stärkere spontane Lufterneuerung) kaum irgendwo in Schulzimmern angetroffen werden[1]), so folgt:

Lehrsäle dürfen nicht der natürlichen Ventilation überlassen werden, sondern sind mit einer besonderen ausgiebigen Lüftungsanlage zu versehen.

Als solche können z. B. Fenster- und Thürjalousien nicht gelten, denn sie verursachen zwar kalten Zug gegen die Füsse, können aber (nach H. Rietschel's Beobachtungen in der Sexta B des K. Wilhelms-Gymnasiums zu Berlin) nicht verhindern, dass der Kohlensäuregehalt in einer Stunde von 0,5 auf 3,1 pro mille anwächst.

Es muss vielmehr der Klasse ein vorgewärmter Luftstrom zugeführt werden von solcher Stärke, dass auf den Sextaner $^5/_3$ 12 oder 20, auf den Secundaner aber $^5/_3$ 15 oder 25 cbm treffen.

Dann können die in den Unterrichtspausen versuchten intermittirenden Lüftungen, welche, wenn sie einigermaassen wirksam sein sollen, die Temperatur des Lehrzimmers unter das zulässige Maass erniedrigen, wegfallen und Schüler und Lehrer ohne Belästigung ihrer Aufgabe obliegen.

§ 11b. Luftverschlechterung unter der Annahme, dass stündlich eine halbe Lufterneuerung stattfindet.

Die folgenden Tabellen, welche wiederum für 4 Zimmergrössen berechnet sind, begründen den Schluss, dass auch eine halbe Lufterneuerung in der Stunde nur ausnahmsweise im Stande ist, ein gesundheitsschädliches Anwachsen der Kohlensäure zu verhüten: sobald ein Raum so stark in Anspruch genommen ist, dass der Luftcubus der Person auf 25 cbm herabgeht, überschreitet die Luftverschlechterung schon in einer Stunde das zulässige Maass von 1 pro mille, und selbst bei einem Luftcubus von 40 cbm ist die halbe Lufterneuerung pro Stunde nicht im Stande, die Luft zwei Stunden lang in leidlichem Zustande zu erhalten.

1) Dass die Voraussetzungen der obigen Rechnung der Wirklichkeit sehr nahe kommen, geht u. A. aus den Beobachtungen H. Rietschel's in Berliner Gymnasien hervor. H. R. fand, dass in dem nicht besonders ventilirten Schulzimmer der Sexta A des Friedrich-Wilhelms-Gymnasiums, welches 155,6 cbm fasste und von 52 Schülern besetzt war, der Kohlensäuregehalt in 1 Stunde von 1 pro mille auf 3,4 pro mille bei $16^1/_2{}^0$ Temperaturdifferenz, in 2 Stunden aber auf 5,3 pro mille anwuchs. Das 1 pro mille war schon um 7^h 55′, während die Schüler sich versammelten, erreicht worden.

1. In einem kleinen Zimmer (50 cbm) ist bei einer halben Lufterneuerung in der Stunde

der Kohlensäuregehalt:

Personen	Luft-cubus	nach Stunden: ¼	½	1	2	∞
1	50	0,49	0,58	0,72	0,91	1,20
2	25	0,59	0,75	1,03	1,42	2,00
3	17	0,68	0,93	1,35	1,92	2,80
4	13	0,78	1,10	1,66	2,43	3,60
5	10	0,87	1,28	1,98	2,93	4,40

2. In einem mittelgrossen Zimmer (75 cbm) ist bei einer halben Lufterneuerung in der Stunde

der Kohlensäuregehalt:

Personen	Luft-cubus	nach Stunden: ¼	½	1	2	∞
1	75	0,46	0,52	0,61	0,74	0,93
2	38	0,53	0,64	0,82	1,08	1,47
3	25	0,59	0,75	1,03	1,42	2,00
4	19	0,65	0,87	1,24	1,75	2,53
5	15	0,71	0,99	1,45	2,09	3,07
6	13	0,78	1,10	1,66	2,43	3,60
7	11	0,84	1,22	1.87	2,76	4,13
8	9	0,90	1,34	2,08	3,10	4,67
9	8	0,97	1,46	2,29	3,44	5,20
10	7,5	1,03	1,58	2,50	3,78	5,73

3. In einem grossen Zimmer (100 cbm) ist bei einer halben Lufterneuerung in der Stunde

der Kohlensäuregehalt:

Personen	Luft-cubus	nach Stunden: ¼	½	1	2	∞
1	100	0,45	0,49	0,56	0,65	0,80
2	50	0,49	0,58	0,72	0,91	1,20
3	33	0,54	0,67	0,87	1,16	1,60
4	25	0,59	0,75	1,03	1,42	2,00
5	20	0,64	0,84	1,19	1,67	2,40
6	17	0,68	0,93	1,35	1,92	2,80
7	14	0,73	1,02	1,51	2,18	3,20
8	13	0,78	1,10	1,66	2,43	3,60
9	11	0,82	1,20	1,82	2,68	4,00
10	10	0,87	1,28	1,98	2,93	4,40

4. In einem sehr grossen Zimmer (150 cbm) ist bei einer halben Lufterneuerung in der Stunde

der Kohlensäuregehalt:

Personen	Luft-cubus	nach Stunden:				∞
		1/4	1/2	1	2	
1	150	0,43	0,46	0,51	0,57	0,67
2	75	0,46	0,52	0,61	0,74	0,93
3	50	0,49	0,58	0,72	0,91	1,20
4	38	0,53	0,64	0,82	1,08	1,47
5	30	0,56	0,69	0,93	1,24	1,73
6	25	0,59	0,75	1,03	1,42	2,00
7	21	0,62	0,81	1,14	1,58	2,27
8	19	0,65	0,87	1,24	1,75	2,53
9	17	0,68	0,93	1,35	1,92	2,80
10	15	0,71	0,99	1,45	2,09	3,07

§ 12. Berechnung der Kohlensäure-Ausscheidung der Anwesenden aus der beobachteten Zunahme der CO_2 in einem Raume, dessen Luftwechsel bekannt ist.

Diese Berechnung ist zuerst im Jahre 1869 von Breiting in Basel mit so gutem Erfolge ausgeführt worden, dass die Menge der CO_2, welche Kinder von 7—13 Jahren während des Unterrichts in der Schule produciren, zu den verlässigsten Daten gehören, welche wir besitzen.

Das Verfahren soll an einem Beispiel gezeigt werden, welches Breiting gibt.

In der Mädchenschule im Steinenkloster zu Basel ist um Mittag der Luftwechsel aus der Abnahme der CO_2 im leeren Schulzimmer zu

$$E = 0{,}32$$

ermittelt worden.

An demselben Tage wurde beobachtet, dass in dem mit 57 Kindern von 7—8 Jahren, dem Lehrer und dem Beobachter besetzten Schulzimmer von 202,5 cbm die CO_2 von $9^h\,5'$ bis $10^h\,5'$ von 1,80 bis 4,16 pro mille stieg.

Unsere Gleichung

$$\frac{c_2 - c - \zeta : E}{c_1 - c_2} = f$$

wird für den Fall zunehmender CO_2 wegen $c_2 > c_1$ in der Form

$$\frac{\zeta : E - (c_2 - c)}{c_2 - c_1} = f$$

geschrieben. Sie giebt, wenn man nach Breiting $c = 0{,}42$ annimmt,

für $c_1 = 1,80$, $c_2 = 4,16$, $E = 0,32$ einsetzt und das zu E gehörige $f = 2,65$ aus der Tafel einnimmt,

$$\zeta = E\,[c_2 - c + (c_2 - c_1)\,f]$$
$$\zeta = 0,32\,[3,74 + 2,36 \,.\, 2,65]$$
$$\text{oder } \zeta = 3,2.$$

Der Kubikinhalt (K) des Zimmers betrug 202,5 cbm. Somit ergiebt sich aus $\zeta = \frac{l}{K} = 3,2$ für die gesammte Kohlensäureausscheidung l der Werth

$$l = 3,2 \,.\, 202,5 \text{ oder } 648 \text{ Liter.}$$

Bringt man für den Lehrer und Beobachter 40 Liter in Abzug, so bleiben für die 57 Schülerinnen 608 Liter, so dass auf das einzelne Mädchen von 7—8 Jahren 10,7 Liter treffen.

§ 13. Berechnung des Luftwechsels aus der beobachteten Zunahme der CO_2 in einem Raume, in welchem eine Kohlensäure-Production von bekannter Grösse stattfindet.

Die Rechnung vollzieht sich auf Grund der Gleichung

$$\zeta = E\,[c_2 - c + (c_2 - c_1)\,f]$$

in welcher $\zeta = \frac{l}{K}$ als bekannt vorausgesetzt wird, c zu 0,4 angenommen werden kann, und c_1 und c_2 durch den Versuch ermittelt sind.

Da f von E abhängt, ist man auch hier auf allmähliche Annäherung durch Probiren angewiesen.

Mit Hülfe der Tafel kommt man, ganz ähnlich wie in § 8 gezeigt wurde, ziemlich rasch zum Ziele.

Das Verfahren soll an folgendem Beispiele gezeigt werden.

H. Rietschel hat am 19. Februar 1883 in der Sexta des K. Friedrich-Wilhelms-Gymnasiums zu Berlin beobachtet, dass der CO_2-Gehalt der Zimmerluft von $7^h\,55'$ bis $8^h\,55'$ von 1,0 bis 3,5 pro mille zunahm.

Die Sextaner werden im Februar im Mittel 10 Jahre alt sein. Es berechnet sich somit mittelst der aus Breiting's Beobachtungen abgeleiteten Formel

$$7 + 0,5\,n$$

für den einzelnen eine stündliche Kohlensäureproduction von 12 Liter.

Da 52 Knaben anwesend waren, ergaben sich für diese 12.52 oder 624 Liter, wozu man noch 20 Liter für den Lehrer rechnen muss. Somit wird

$$l = 644 \text{ Liter.}$$

Der Kubikinhalt des Zimmers (K) war 155,6 cbm. Folglich ist

$$\zeta = \frac{1}{K} = \frac{644}{155,6} \text{ oder } 4,14 \text{ pro mille.}$$

Aus

$$E\,(3,1 + 2,5\,f) = 4,14$$

ergiebt sich, wenn man den Werth der linken Seite mit P (Produkt) bezeichnet:

E	f	P
1	0,58	4,55
0,80	0,82	4,12
0,82	0,79	4,16

Somit ist **0,81** der gesuchte Werth von E.

Würde man sich in der Annahme von 12 Litern um 0,1 Liter irren, so würde dieser Fehler den Werth von ζ um 0,034 und den Luftwechsel um 0,017 ändern.

Die auf diese Weise gefundenen Luftwechsel stimmen sehr gut mit solchen überein, welche aus der Abnahme von CO_2 im leeren Zimmer gefunden wurden.[1])

Hat man Gelegenheit, in einem und demselben Raume unter völlig gleich bleibenden Bedingungen zwei Messungen der Kohlensäurezunahmen zu machen, und hält auch jedesmal die gleiche Beobachtungszeit ein, so lässt sich, da sowohl die Kohlensäureentwicklung als der Luftwechsel constant vorausgesetzt werden, $(\zeta : E)$ aus den beiden Gleichungen

$$\frac{\zeta}{E} = c_2 - c + (c_2 - c_1)\,f$$

und

$$\frac{E}{\zeta} = c_2' - c + (c_2' - c_1')\,f$$

eliminiren. Man findet dann

$$f = \frac{c'_2 - c_2}{(c_2 - c_1) - (c_2' - c_1')}$$

wobei rechts nur die vier beobachteten Kohlensäuregehalte stehen, während $\zeta = \frac{1}{K}$ und der CO_2-Gehalt (c) der freien Luft nicht vorkommen.

Rechnet man den Bruch aus und sucht seinen Werth in der Tafel unter der Zeit, welche für eine der beiden Abnahmen nöthig war, so erhält man sofort das zugehörige E.

1) In der unten folgenden Zusammenstellung beobachteter Luftverschlechterungen sind die von mir aus der Zunahme der CO_2 berechneten Luftwechsel mit Sternchen markirt.

Selbstverständlich können sich auch die Beobachtungen unmittelbar an einander anreihen, so dass $c_1' = c_2$ wird und statt c_2' passender c_3 gesetzt wird. Dann ist

$$f = \frac{c_3 - c_2}{2\,c_2 - (c_1 + c_3)}$$

Beispiel. Dr. Breiting hat am 15. Januar 1869 in einem Schulzimmer beobachtet:

	c_1	c_2
$8^h\,10' - 9^h$	2,58	4,92
$9^h\,10' - 10^h$	4,76	6,89

daraus entnimmt man

$$c_2' - c_2 = 1{,}97$$
$$c_2 - c_1 = 2{,}34$$
$$c_2' - c_1' = 2{,}13$$

und somit $$f = \frac{1{,}97}{0{,}21} \text{ oder } 9{,}4.$$

In der Colonne 50′ findet man die hinreichend nahe Zahl 9,5, wozu $E = 0{,}12$ gehört.

Mittelst dieses Luftwechsels und einer der beiden Beobachtungen lässt sich sodann auch ζ berechnen und die entsprechende Kohlensäureproduction, wie in § 12 gezeigt wurde.

Diese Methode hat etwas Verlockendes sowohl wegen ihrer Fruchtbarkeit als wegen der Einfachheit der Rechnung. Aber sie stellt hohe Anforderungen an die Genauigkeit der Kohlensäurebestimmungen und darf auch in der Zeit nicht zu sehr beschränkt werden. Sonst fallen die Differenzen der c zu klein aus. Je länger aber die Dauer eines Versuchs gewählt wird, desto mehr hat man von Veränderungen der Temperatur und der Windstärke eine Aenderung des Werthes von E zu fürchten, der in beiden Zeithälften als gleich vorausgesetzt wird.

§ 14.

Es soll hier noch von dem Einflusse eines Fehlers gesprochen werden, welcher bei den Versuchen, den Luftwechsel durch Kohlensäurebestimmungen zu messen, schwer vermieden werden kann. Es ist dieses der Fehler, welcher durch eine falsche Annahme über den Kohlensäuregehalt (c) der zuströmenden Luft entsteht.

Selten wird ein Raum, dessen natürlicher Luftwechsel gemessen werden soll, so frei liegen, dass man unbedenklich den Kohlensäuregehalt der freien Luft zugleich für den mittleren CO_2-Gehalt der zuströmenden Luft annehmen kann. Da man aber andererseits kaum

in der Lage sein wird, diesen mittleren Gehalt durch den Versuch zu bestimmen, scheint man auf eine Annahme angewiesen. Ausser dem Misslichen, was bei Hinzufügung von einem oder mehreren Zehnteln zu dem üblichen 0,4 pro mille in der Willkür selbst liegt, scheint mir aber noch eine weitere Erwägung dafür zu sprechen, dass bei diesen Rechnungen der Kohlensäuregehalt der freien Atmosphäre beibehalten werde. Nämlich:

Würde ein bestimmter Abfall der CO_2 beobachtet, so müsste die Annahme, dass derselbe durch eine Luft von höherem CO_2-Gehalte als 0,4 erfolgt sei, rechnerisch zu einer grösseren Zahl für den Luftwechsel führen, als die Annahme, dass er durch Luft von dem geringeren Gehalte 0,4 hervorgebracht wurde. Denn je geringer der Gehalt der zuströmenden Luft an CO_2 ist, desto weniger Kubikmeter derselben genügen, die Zimmerluft bis zu einem gewissen Grade von CO_2 zu reinigen.

Der grössere Luftwechsel, den eine Zuluft von beispielsweise 0,6 pro mille mit sich bringt, dürfte aber vom hygienischen Standpunkte aus als minderwerthig erscheinen, nicht wegen ihres etwas höheren Kohlensäuregehaltes, sondern wegen der Beimischungen, als deren Anzeiger wir eben diesen höheren Kohlensäuregehalt betrachten. Rechnet man nun den Luftwechsel, der etwa durch Zuluft von 0,6 pro mille hervorgebracht wurde, mit 0,4 pro mille aus, so erhält man allerdings nicht die Grösse des physikalischen Luftwechsels, welcher stattfand, sondern den kleineren Luftwechsel, welchen reinere Luft von 0,4 pro mille hervorgebracht haben würde; aber diese kleinere Zahl trägt dem hygienischen Minderwerthe des Luftwechsels einigermaassen Rechnung und scheint mir von diesem Standpunkte der grösseren physikalischen vorzuziehen.

Es ist noch übrig, den numerischen Einfluss zu erörtern, welchen eine irrthümliche Annahme über den CO_2-Gehalt der Zuluft auf die berechnete Grösse des Luftwechsels hat.

Bezeichnet man mit Δc den Ueberschuss des wirklichen CO_2-Gehaltes der Zuluft über den angenommenen (so also, dass beispielsweise $\Delta c = + 0,1$ ist, wenn der wirkliche Gehalt 0,5 ist, während man mit $c = 0,4$ rechnet), so ist für die gewöhnlichen Werthe des natürlichen Luftwechsels und nicht allzu lange Beobachtungszeiten genau genug und allgemein der Fehler ΔE des berechneten physikalischen Luftwechsels

$$\Delta E = - E \frac{\Delta c}{c_1 - c}$$

und der mit dem falschen $(c - \Delta c)$ berechnete Luftwechsel E' ist

$$E' = E - E \frac{\Delta c}{c_1 - c}.$$

Da demnach der Fehler ΔE dem Luftwechsel E proportional erscheint, so ist angezeigt, auf den procentischen Fehler überzugehen. Setzt man demgemäss $\Delta E = \beta E$, wobei β irgend einen echten Bruch bedeutet, nämlich denjenigen Bruchtheil des wahren E, um welchen sich diese Grösse unrichtig berechnet, so ist 100 β der procentische Fehler der Rechnung. Nun ist aber

$$100 \frac{\Delta E}{E} = 100 \beta = - \frac{100}{c_1 - c} \Delta c$$

d. h. wenn der CO_2-Gehalt der Zuluft um Δc kleiner angenommen wurde, als er wirklich ist, so ist der berechnete Werth des Luftwechsels um $\frac{100}{c_1 - c} \Delta c$ Proc. des wahren Werthes kleiner als der physikalisch wirklich eingetretene Luftwechsel (E).

Beispiel. Rechnet man mit 0,4 pro mille, während thatsächlich die Zuluft $c = 0,5$ pro mille hatte, so ist der berechnete Luftwechsel physikalisch zu klein um

$$\frac{100}{c_1 - c} 0,1 \text{ oder } \frac{10}{c_1 - c} \text{ Proc.}$$

Es hängt also der Einfluss dieses Fehlers wesentlich von dem Ueberschuss des experimentell bestimmten Anfangsgehaltes (c_1) über den Gehalt (c) der freien Luft ab und ist diesem umgekehrt proportional.[1])

Würde man beispielsweise von einem CO_2-Gehalt 1,4 pro mille ausgegangen sein, so würde der Fehler 11 Proc. betragen.

Man sieht daraus, wie gefährlich es ist, die Versuche mit kleinem CO_2-Gehalt auszuführen, und wie sich die Erscheinung erklärt, dass Versuche, welche bei abnehmendem CO_2-Gehalt fortgesetzt werden, in der Regel eine Reihe von abnehmenden Werthen des Luftwechsels E liefern.

Eine solche abnehmende Reihe muss schon dann entstehen, wenn die Abweichung (Δc) des wirklichen CO_2-Gehaltes der Zuluft von dem in die Rechnung eingeführten constant bleibt, in Folge des mit der Abnahme von c_1 wachsenden Einflusses dieser Abweichung. Man darf aber überdies vermuthen, dass die Abweichung (Δc) selbst im Laufe der Versuche zunimmt, weil die aus dem Versuchsraume entweichende CO_2 in der Regel nicht durchaus ins Freie, sondern theilweise in Nebenräume abströmen wird, von denen sie, mit anderer Luft vermischt, wieder nach dem Versuchsraume zurückkehrt.

---

1) Ist $c_1 = c$, so gilt die Formel nicht, da sie unter der Voraussetzung abgeleitet ist, dass c_1 von c unabhängig ist.

So hat z. B. BREITING[1]), als er von 12^h $10'$ bis 6^h $10'$ von Stunde zu Stunde der von 4,03 bis zu 0,77 abnehmenden CO_2 nachging, für die Werthe des Luftwechsels E die Reihe 0,495 — 0,518 — 0,375 — 0,340 — 0,308 — 0,294 erhalten, was sich leicht aus dem zunehmenden Einfluss einer irrthümlichen Annahme (0,42) über den CO_2-Gehalt der Zuluft erklärt.

Noch auffälliger, man möchte sagen eclatant, tritt dieser Einfluss in drei Versuchsresultaten hervor, welche der sehr geübte und zuverlässige Experimentator erhielt, als er die Wirkung eines Abzugs studirte. Von 12^h $10'$ bis 1^h $30'$ ging die CO_2 von 1,82 auf 0,62 zurück, woraus sich mit $c = 0,42$ $E = 1,3$ berechnet. Von 1^h $30'$ bis 3^h nahm die CO_2 von 0,62 auf 0,54 ab, was $E = 0,34$ ergibt. Von 3^h bis 4^h $30'$ erfolgte noch eine Abnahme von 0,54 auf 0,53, aus welcher offenbar nichts mehr geschlossen werden kann ($E = 0,06$). Die drei Werthe von E sollten ungefähr gleich gross sein!

Die Fehlerformel würde, wenn man 0,50 als den wahren Gehalt der Zuluft annimmt und unter c diesen wahren Gehalt versteht, im zweiten Falle für $\Delta c = 0,08$, $c_1 = 0,62$, $c_1 - c = 0,12$ einen Fehler von $66^2/_3$% ergeben, d. h. 0,34 wäre nur $^1/_3$ von dem wirklichen Luftwechsel. Das ist sehr leicht möglich. Streng genommen lässt sich die Formel auf einen so extremen Fall (grosses E und grosse Beobachtungszeit) nicht mehr mit Sicherheit anwenden, indessen kam es hier nur darauf an, zu zeigen, wie sich durch die Annahmen eines nur wenig erhöhten CO_2-Gehaltes (0,50 statt 0,42) der Zuluft in der That die grosse Abnahme der berechneten Luftwechsel erklären lässt.

Wo c_1 nicht wesentlich variirt, wie bei den Versuchen RIETSCHEL's im Kgl. Wilhelms-Gymnasium zu Berlin (Nr. 17 bis 21 der Zusammenstellung S. 562), erklären sich die abnehmenden Werthe, so weit sie nicht durch die ein wenig abnehmende Temperaturdifferenz begründet sind, aus der zunehmenden Luftverschlechterung in dem Hausflur und die hierdurch bedingte Steigerung des CO_2-Gehaltes der Zuluft.

§ 15.

Es folgt hier noch eine Zusammenstellung von Luftverschlechterungen, welche von verschiedenen Beobachtern (LEBLANC, Dr. C. BREITING, H. RIETSCHEL, Dr. TRINKGELD) in verschiedenen Räumen gemessen worden sind.

BREITING hat für die 5 von ihm untersuchten Schulzimmer zu-

---

1) A. a. O. S. 28.

gleich durch Messung der Kohlensäureabnahme im leeren Zimmer) den Luftwechsel festgestellt, während derselbe für die übrigen Räume mit Hülfe wohlbegründeter Annahmen über die CO_2-Abgabe der Anwesenden berechnet werden konnte.

Von dem vielen Interessanten, was diese Zusammenstellung bietet, und was zum Theil als Beleg zu den vorausgehenden Erörterungen dienen mag, soll hier nur noch hervorgehoben werden, dass von den durch besondere Versuche ermittelten Luftwechseln keiner 0,5 erreicht (der stärkste im Betrage von 0,456 wurde bei 13° Temperaturdifferenz und „ziemlich starkem“ Winde beobachtet), und dass selbst mittelst Fenster und Thürjalousien bei Temperaturdifferenzen von 15

Beobachtungen über Luftverschlechterung durch

Nummer	Tag der Beobachtung	Dauer des Versuchs	CO_2 anfangs C_1	CO_2 schliesslich C_2	Luftwechsel E	Mittl. Temperatur im Zimmer T	Mittl. Temperatur im Freien t	Mittl. Temperatur Differenz T-t	Beschreibung des Zimmers: Rauminhalt cbm	Höhe m	Fenster: Anzahl	Lage	Grösse
1	1843	10 Stunden	0,4	*6,5*	0,11*	—	—	—	22,5	3,0	Zelle im Gefängniss Mazas in Paris (neu erbaut)		
2	1869 15. I.	8h10′—9h	2,58	*4,92*	0,12	11,5	—1,5	13	232	3,09	2×2	vis à vis und *Vorfenster*	
3	„	3h10′—4h	7,69	*8,66*	„	13	+1,3	11,7	I. Klasse der Elementarschule zu Basel i. Luftgässlein, Erdgeschoss				
4	1869 14. IV.	8h10′—9h	1,01	*3,76*	0,075	19,3	16	3,3	„	„	„	„ *ohne Vorfenster*	„
5	„	8h10′—11h	1,01	*7,30*	„	20,5	17,2	„	„	„	„	„	„
6	1869 19. I.	8h10′—9h	2,48	*4,80*	0,12	10,8	—4,5	15,3	252	3,16	2×2	vis à vis und *Vorfenster*	
7	„	8h10′—11h	2,48	*8,11*	„	13	—3,5	16,5	II. Klasse d. Elementarschule im I. Obergeschoss über dem vorigen				
8	1869 23. II.	8h10′—9h	1,22	*2,87*	0,388	16,2	+4,5	11,7	189	3,28	3	auf einer Seite *mit Vorfenstern*	
9	„	7h40′—11h	0,52	*5,03*	0,388	17,5	4,8	12,7	III. Klasse B des Realgymnasiums in Basel				
10	1869 3. III.	8h10′—9h	1,11	*2,98*	„	16,0	0	16	„	„	„	„	„
11	„	7h40′—11h	0,52	*4,17*	„	17,5	0,5	17	„	„	„	„	„
12	1869 10. III.	8h10′—9h	1,08	*2,10*	0,96*	15,5	0	15,5	„	„	„	„	„
13	1869 9. II.	8h10′—9h	1,70	*4,61*	0,456	17,2	4	13,2	124	3,05	*mit Vorfenstern* IV. Klasse des Realgymnasiums zu Basel		

bis 18° nicht mehr als einmalige Lufterneuerung in der Stunde erreicht werden konnte.

Allerdings beziehen sich diese Beobachtungen (alle bis auf eine) nur auf Schulzimmer. Bedenkt man aber, dass Schulzimmer schon des Lichtbedürfnisses wegen luftig gehalten sind, und dass man schwerlich grosse Sorgfalt auf Abdichtung des Fussbodens und der Decke verwendet haben wird, so wird man wohl zugeben, dass man für das Privatzimmer kaum mehr erwarten darf, als hier für das Schulzimmer nachgewiesen wird. Es finden somit die in § 11 aufgestellten Berechnungen durch diese Beobachtungen genügende Rechtfertigung.

Athmung und Ausdünstung von Menschen.

Anwesende		Heizung	Lüftungs-Einrichtung	Beobachter	Bemerkungen
Zahl	CO_2 à Person u. Stunde Liter				
1	20,6	?	geschlossen	Leblanc	Frühester Versuch in dieser Richtung.
66 Knaben 2 Erwachsene Alter der Schüler 7—8 Jahre	10,6 20	v. auss.	0	Dr. C. Breiting	Das Local wurde im Mittag nicht besonders gelüftet. Zwischen den Unterrichtsstunden sind Pausen von 10′, in welchen viele Schüler das Zimmer verlassen u. jedesmal eine Abnahme der CO_2 beobachtet wird. Trotzdem 8,66 ‰!
63 Knaben 2 Erwachsene	10,6 20	"	"	"	
"	"	"	"	"	" " "
64 Knaben von 8—9 Jahren 2 Erwachsene	12,0 20	v. auss. "	0 "	Dr. C. Breiting "	Pausen zwischen den Unterrichtsstunden wie oben.
33 Knaben von 12—13 Jahren 2 Erwachsene	13,1 20	v. auss.	Ein Abzug (geschlossen)	Dr. C. Breiting	Pausen zwischen den Unterrichtsstunden wie oben; 9—10 Singstunde mit etwas stärkerer CO_2-Ausscheidung.
32 Knaben 2 Erwachsene	13 20	"	"	"	Pausen wie oben.
"	"	"	"	"	" " "
32 Knaben 2 Erwachsene wie oben	13,0 20	"	*Abzug* von 19×18 cm *offen* 10,5 m hoch	Dr. C. Breiting	Die Zunahme des Luftwechsels um 0,57 erscheint als Wirkung des Abzugs. Derselbe erweist sich als unzureichend.
35 Knaben 2 Erwachsene Alter 13—14 Jahre	14 20	v. inn.	0	Dr. C. Breiting	*Ziemlich starker Wind.*

Nummer	Tag der Beobachtung	Dauer des Versuchs	CO_2 anfangs C_1	CO_2 schliesslich C_2	Luftwechsel E	Mittl. Temperatur im Zimmer T	Mittl. Temperatur im Freien t	Differenz T-t	Beschreibung des Zimmers: Rauminhalt cbm	Höhe m	Fenster Anzahl	Fenster Lage	Fenster Grösse
14	1869 27. I.	9ʰ5′—10ʰ5′	1,80	*4,16*	0,32	13	—4	17	202,5	3,27	4	—	17,2
											ohne Vorfenster		
									Mädchenschule im Steinenkloster zu Basel				
15	1883 19. II.	7ʰ55′-8ʰ55′	1,0	*3,5*	0,81*	11	—4,5	15,5	155,6	?	?	?	?
16	„	7ʰ55′—11ʰ	1,0	*6,75*	„	12,5	—3,5	16	Sexta A des K. F. W. Gymnasiums in Berlin				
17	1883 15. I.	7ʰ55′-8ʰ55′	0,5	*3,1*	1,0*	13,2	—4,2	17,4	164	?	?	?	?
18	„	9ʰ5′—10′	2,0	*3,45*	0,95*	14,5	—4,0	18,5	Sexta B des K. Wilhelms-Gymnasiums zu Berlin				
19	„	10ʰ10′-11ʰ	1,5	*3,6*	0,9*	14,0	—3,0	17,0	„	„	„	„	„
20	„	11ʰ15′-12ʰ	1,75	*3,8*	0,9*	14,2	—1,0	15,2	„	„	„	„	„
21	„	12ʰ10′—1ʰ	2,05	*4,1*	0,8*	15,2	+0,2	15	„	„	„	„	„
22	1889 28. X.	8ʰ—10ʰ	?	*5,07*	0,4*	?	?	—	243	3,2	4 N	2W	11,4 qm
									Dorfschule zu Pellheim Bez. Dachau, nach 3 Seiten frei, 1 Thüre z. Hausgang				
23	1889 20. XI.	8ʰ—10ʰ	?	*9,8*	0,08*	?	?	—	217	3,8	3S,2O	2W	11,2 qm
									Dorfschule z. Bergkirchen Bez. Dachau, 3 Seiten frei, Thüre z. Hausgang				
24	1889 26. III.	8ʰ—10ʰ	?	*6,16*	0,5*	?	8,5	—	283	3,7	5 O		8,5 qm
									Volksschule in Dachau, eine Seite frei, Thüre zum Hausgang				

Anwesende		Heizung	Lüftungs-Einrichtung	Beobachter	Bemerkungen
Zahl	CO_2 à Person u. Stunde Liter				
57 Kinder 7–8 Jahre	10,6	v. auss.	0	Dr. C. Breiting	
2 Erwachsene	20				
52 Knaben 9–10 Jahre	12	?	0	H. Rietschel	
1 Lehrer	20	„	„	„	
58 Knaben 9–10 Jahre	12	?	Fenster- und Thür- Jalousien offen	H. Rietschel	Während der Unterrichtspausen von 10 Minuten standen überdies die Thüren vollständig offen. Alle Schüler verliessen das Zimmer. Dieses Verfahren der intermittirenden Lüftung erwies sich demnach als ungenügend.
„	„	„			
„	„	„	„	„	
„	„	„	„	„	Infolge der Beobachtungen 15—21 wurde für beide Gymnasien die Einrichtung von Lüftungsanlagen angeordnet.
„	„	„	„	„	
65 Schüler 6—13 Jahre	12	?	Obere Fenster zum Aufklappen (geschlossen)	Dr. Trinkgeld	Schulzimmer im ersten Obergeschoss, darunter 3 Zimmer 1/3 bewohnt.
96 Schüler 6–8 Jahre	10,6	?	Ein Fensterflügel etwas geöffnet 0	Dr. Trinkgeld	Schulzimmer im Erdgeschoss, *nicht* unterkellert.
100 Schüler 12–13 Jahre	13	?	Abzug 30×30 cm offen und Fensterschieber 45×8 cm offen	Dr. Trinkgeld	Schulzimmer im 2. Obergeschoss, unterhalb: Schulzimmer.

ZWEITER THEIL.

Die Kräfte, welche die Luft in Gebäuden bewegen, und die Geschwindigkeiten, welche sie hervorbringen.

§ 16. *Berechnung derjenigen luftbewegenden Kräfte, welche aus Temperaturdifferenzen entstehen.*

1. **Ruhende Luft setzt sich von der Stelle A nach der Stelle B nur dann in Bewegung, wenn die Luft in A eine höhere Druckkraft besitzt, als in B. Ein solcher Unterschied der Druckkraft würde sich an zwei Orten des Horizonts dadurch nachweisen lassen, dass man ein Wassermanometer, welches etwa nach Art einer Canalwage eingerichtet ist, so von A nach B reichen lässt, dass der eine der beiden offenen Schenkel in A, der anderen in B mündet.**

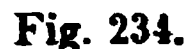
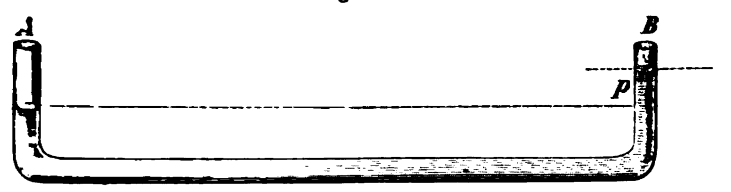


Fig. 234.



Die Sperrflüssigkeit steht dann in A niedriger als in B, und die Höhe der in B über das Niveau hervorragenden Wassersäule (p Millimeter) dient als Maass für den Unterschied der Druckkräfte der Luft: jedes Millimeter Höhe bedeutet 1 Kilogramm Druck auf das Quadratmeter, weil eine Wasserschicht, welche 1 mm hoch über dem Quadratmeter steht, gerade 1 kg wiegt.

Ob die durch den Ueberdruck (p) möglich gewordene Luftbewegung von A nach B hin überhaupt zu Stande kommt und in welcher Stärke, das hängt wesentlich von den Widerständen ab,

welche die Kraft p zu überwinden hat. Ist der Uebergang von A nach B völlig frei oder nur durch einen kurzen und weiten Canal vermittelt, so wirkt die ganze Kraft p zur Beschleunigung von Luftmassen, und 1 mm Ueberdruck kann einen Luftstrom von nahezu 4 m Geschwindigkeit erzeugen; ist aber die Stelle A von B durch eine Mauer getrennt, so wird der gleiche Ueberdruck nur einen schwachen Strom erregen, der selbst bei geringer Dicke und grosser Porosität der Mauer kaum um 1 mm in der Secunde fortschreitet. Die Gesetze, nach welchen Ueberdruck und Geschwindigkeit zusammenhängen, sollen sogleich allgemein dargestellt werden, sobald über die Herkunft der Kräfte (p) selbst das Nöthige erklärt sein wird.

2. Die Druckkraft der Luft ist durch zwei Factoren, Dichtigkeit und Temperatur, vollkommen bestimmt und dem Producte aus ihrer Dichtigkeit in ihre absolute Temperatur[1]) proportional.

Es kann also die Luft in A deshalb eine höhere Druckkraft haben, als in B, weil die Luft in A bei gleicher Dichtigkeit wärmer ist, als die Luft in B, oder auch deshalb, weil jene bei gleicher Temperatur dichter ist, als diese. Es können aber auch beide Factoren in A andere Werthe haben, als in B. Wenn nur ihr Product dem letzteren überlegen ist, so ist auch die Druckkraft in A grösser als in B.

3. Gleichgewicht der freien atmosphärischen Luft. Die Druckkraft der ruhenden atmosphärischen Luft nimmt überall nach unten zu, und zwar jedesmal um das Gewicht der abwärts durchmessenen Luftschicht. Umgekehrt wird derjenige, welcher in freier ruhiger Luft aufsteigt, an den höher gelegenen Orten geringeren Luftdruck antreffen, d. h. Luft von geringerer Druckkraft. Die Druckkraft einer freien Luftschicht äussert sich als allseitiger Druck aus der Schicht heraus (Expansivkraft), welcher nach oben dem Gewichte der von oben drückenden Luftschichten das Gleichgewicht hält, nach unten diesen um das eigene Gewicht der Schicht vergrösserten Gewichtsdruck fortpflanzt und sich auch seitlich in gleicher Stärke geltend macht.

---

1) Die absolute Temperatur T ist die vom absoluten Nullpunkte (— 273° C.) aus gezählte Temperatur. Die absolute Temperatur des schmelzenden Schnees ist 273, die des siedenden Wassers 373. Wird die Dichtigkeit (D) der Luft als das in Kilogrammen ausgedrückte Gewicht eines Kubikmeters gedacht und die Druckkraft (P) in Kilogrammen per Quadratmeter $\left(\frac{kg}{qm}\right)$ ausgedrückt, so ist allgemein $P = 29{,}27\ TD$.

Dieses Gesetz wird bekanntlich benutzt, um aus beobachteten Barometerständen auf die Höhenunterschiede der Beobachtungsorte zu schliessen (barometrische Höhenmessung). Dasselbe ist auch fundamental für das Verständniss der in Gebäuden sich entwickelnden Luftströmungen.

Freilich fällt das Barometer nur wenig, wenn man es aus dem Erdgeschosse eines Hauses auf den Dachboden hinauf trägt; aber das Barometer ist mit Quecksilber gefüllt, einer Flüssigkeit, welche 10000 mal schwerer ist, als Luft, so dass man 10000 mm aufsteigen muss, bis man eine Luftsäule durchmessen hat, welche ebensoviel wiegt, als eine Quecksilbersäule von 1 mm Höhe, d. h. bis das Barometer um 1 mm fällt.

Ein Wasserbarometer würde einen 13½ mal so grossen Ausschlag geben, müsste aber selbst mehr als 10 m hoch sein, um den Luftdruck zu messen. Es kommt zwar dieser seiner Unbehülflichkeit und anderer Verwickelungen wegen als Messinstrument nicht in Betracht, aber es kann dienen, um ein Bild zu gewinnen von der längs der Höhe eines Hauses stattfindenden Abnahme des Luftdruckes, wenn man sich das äussere Niveau desselben längs der Hauswand Meter für Meter emporgehoben denkt und die entsprechenden Abnahmen des Luftdruckes berechnet.

Diese Rechnung soll hier ausgeführt werden, und zwar zweimal unter verschiedenen Voraussetzungen.

Luft von 0° Cels.	Wand	Luft von 20° Cels.
10 320,07	10 m	10 320,95 mm Wasser
321,36	9 „	322,15 „ „
322,66	8 „	323,36 „ „
323,95	7 „	324,56 „ „
325,24	6 „	325,77 „ „
326,53	5 „	326,97 „ „
327,83	4 „	328,18 „ „
329,12	3 „	329,38 „ „
330,41	2 „	330,59 „ „
331,71	1 „	331,79 „ „
10 333,00	0 „	10 333,00 „ „

Man denke sich zwei Luftmassen, die eine von 0° C., die andere von 20° C., durch eine verticale Wand getrennt und unten im Gleichgewicht (was dadurch möglich ist, dass die wärmere Luft hier weniger dicht ist, als die kältere). Die Druckkraft soll an der Stelle des Gleichgewichts 10333,00 mm Wasser betragen (was einem Barometerstande von 760 mm Quecksilber entspricht). Dann berechnen

sich für die in 1, 2, 3 . . . 10 m Höhe stattfindenden Druckkräfte die beigesetzten Werthe (bei welchen jedesmal 10 000 zu ergänzen ist).

Man sieht sofort, dass in jeder Höhe über 0 die Druckkraft der wärmeren Luft der kälteren überlegen ist, und der Grund dafür wird allgemein darin erkannt, dass man sich rechts um dünnere, also leichtere Luftschichten erhebt, als links. Die Abnahme der Druckkraft, die dem Gewichte der durchmessenen Luftschichte gleich ist, fällt demnach rechts geringer aus, und es bleibt mithin von dem am Fusse beiderseits gleichen Drucke in der Höhe von 10 m rechts um 0,88 mm mehr übrig, als links.

Würde man in dieser Höhe eine Oeffnung durch die Mauer machen, so würde sich von rechts nach links ein kräftiger Luftstrom von 3 bis 4 m Geschwindigkeit entwickeln.

Allgemein erkennt man daraus die Richtigkeit des Satzes: Ist eine warme Luftsäule mit einer kälteren in irgend einer Horizontalebene im Gleichgewicht, so besitzt oberhalb dieser Ebene überall die wärmere Luftsäule höheren Druck, und die Ueberlegenheit ihrer Druckkraft nimmt mit der Entfernung von dem Niveau des Gleichgewichts stetig zu.

Aus analogen Gründen ist von einer Horizontalebene aus, in welcher eine wärmere und eine kältere Luftsäule im Gleichgewicht sind, abwärts die Druckkraft der kälteren Luft überall grösser als die der wärmeren, denn jene nimmt stetig um das Gewicht schwererer Luftschichten zu, als diese.

Um beide Sätze zugleich zu veranschaulichen, ist bei der folgenden Tabelle die Horizontalebene des Gleichgewichts in 4 m Höhe angenommen, und es sind in der letzten Spalte die nach oben positiven, nach unten negativen Druckdifferenzen beigesetzt.

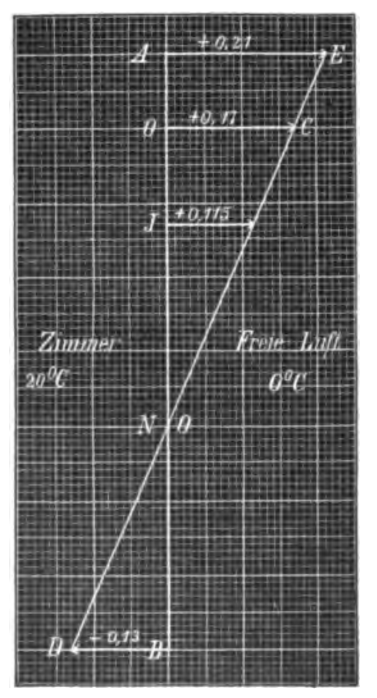
Luft von 0° Cels.	Wand	Luft von 20° Cels.	Druckdifferenzen warm — kalt
320,24	10 m	320,77	+ 0,53 mm Wasser
321,53	9 »	321,97	+ 0,44 » »
322,83	8 »	323,18	+ 0,35 » »
324,12	7 »	324,38	+ 0,26 » »
325,41	6 »	325,59	+ 0,18 » »
326,71	5 »	326,79	+ 0,08 » »
10 328,00	4 »	10 328,00	0 angenommene Ebene des Gleichgewichts
329,29	3 m	329,20	— 0,09 mm Wasser
330,59	2 »	330,41	— 0,18 » »
331,88	1 »	331,61	— 0,27 » »
333,17	0 »	332,82	— 0,35 » »

Würde man in die Wand, welche die beiden Luftsäulen scheidet, von Meter zu Meter Oeffnungen machen, durch welche die Luft frei überströmen kann, so würde nur in 4 m Höhe keine Bewegung eintreten, alle übrigen Canäle aber würden von Luft durchströmt werden, und zwar so, dass die Strömung oberhalb der neutralen Stelle durchaus von rechts nach links, unterhalb durchaus von links nach rechts gerichtet ist. Ausserdem würde man beobachten, dass jede Strömung um so lebhafter ist, je weiter ihr Canal von der neutralen Stelle absteht.

Graphische Darstellung der Ueberdrücke.

Kennt man die Stelle (Horizontalebene), an welcher zwei durch eine Scheidewand getrennte Luftsäulen im Gleichgewicht sind, ferner ihre Temperaturen und den Luftdruck, welcher an der Stelle des Gleichgewichts stattfindet (es genügt hierzu die Ablesung eines in der Nähe befindlichen Barometers), so kann man sich auf folgende Weise eine Uebersicht über die Druckvertheilung längs der Scheidewand verschaffen.

Fig. 235.



Man nimmt auf sog. Millimeterpapier eine Strecke AB an, welche die Höhe h der Wand in irgend einem Maassstabe darstellen soll. Es sei z. B. die Höhe eines 4 m hohen Zimmers durch 80 mm dargestellt (Fig. 235). Nun wird in 30 mm Höhe die neutrale Stelle N angemerkt, welche 1,5 m über dem Boden B liegen mag, und es folgt die Berechnung der Gewichtsdifferenz zwischen den beiden Luftsäulen, die sich von N bis O [1]) (eine ganze Anzahl von Metern hoch) erheben und beide auf der gleichen in N gedachten Basis von 1 m Ausdehnung stehen. Eben diese Gewichtsdifferenz ist der Ueberdruck, den in O die wärmere Luftsäule über die kältere besitzt, ausgedrückt in kg/qm oder Millimetern

1) Das bei N in der Figur beigesetzte Zeichen bedeutet Null.

Wassersäule. Sie wird in irgend einem Maassstabe, z. B. 100:1, bei O senkrecht zu *AB* gleichsam als Ordinate aufgetragen und ihr Endpunkt *C* mit *N* durch eine gerade Linie verbunden, die man durchzieht, bis sie von den in *A* und *B* errichteten Senkrechten geschnitten wird (*ED*). Man erhält so die Begrenzungslinie *ECND* der Ueberdrücke und für jede Stelle (*J*) Richtung und Grösse des daselbst bestehenden Ueberdruckes (*p*), wenn man an der betreffenden Stelle (*J*) eine Senkrechte errichtet und sie bis zu der geraden Linie *CE* verlängert.

Die Fig. 235 bezieht sich auf den Fall, dass die Luft in dem links von *AB* gedachten 4 m hohen Zimmer 20° C. warm ist, während die äussere Luft 0° C. hat und der Barometerstand 730 mm ist. Die Richtung der Druckdifferenzen ist durch Pfeilspitzen angegeben.

Die Berechnung der Gewichtsdifferenz erfolgt nach der Seite 565 in der Anmerkung gegebenen Formel, welcher gemäss für ein Cubikmeter Luft das Gewicht

$$D_1 = \frac{P}{29{,}27\ T_1},$$

$$D_2 = \frac{P}{29{,}27\ T_2},$$

$$\text{somit } D_1 - D_2 = \frac{P}{29{,}27} \cdot \frac{T_2 - T_1}{T_1\,T_2} \text{ ist.}$$

Daraus folgt für h cbm die Gewichtsdifferenz

$$p = h\,\frac{P}{29{,}27} \cdot \frac{T_2 - T_1}{T_1\,T_2}\,[1]\ \text{kg.}$$

Führt man hier statt des in $\frac{\text{kg}}{\text{qm}}$ ausgedrückten Luftdrucks den in Millimetern Quecksilber ausgedrückten Barometerstand B ein $\left(B = \frac{P}{13{,}596}\right)$ und die Temperaturen (t) nach Celsius ($t = T - 273$), so erhält man für die gewöhnlichen Lufttemperaturen genau genug und leichter zu rechnen:

$$p = h\ 1{,}293\ \frac{B}{760} \cdot \frac{t_2 - t_1}{273 + t_1 + t_2}$$

[1]) Dabei ist von dem (sehr kleinen) Einflusse abgesehen, welchen hier die Aenderungen des Drucks auf die Dichtigkeiten ausüben, und somit unter P jedesmal der dem Barometerstande entsprechende Luftdruck verstanden. Bei den geringen Höhen unserer Gebäude übt diese Vereinfachung keinen nachtheiligen Einfluss auf die Genauigkeit.

Mit Rücksicht auf die unvermeidlichen Fehler der Temperaturmessung darf bei dieser Berechnung der Ueberdrücke (p) eine Genauigkeit, welche 1 Proc. des Werthes übersteigt, nicht angestrebt werden.

Die folgende Tabelle (S. 571) enthält die Werthe von T für $h = 1$, für Temperaturdifferenzen ($t_2 - t_1$ oder $T_2 - T_1$) von 1 bis 40 ° C. in 9 Colonnen, welche sich auf die unteren Temperaturen (t_1) von — 20 ° bis + 20 ° beziehen.

Als Barometerstand ist eine Höhe von 730 mm vorausgesetzt.

Um auf einen anderen Barometerstand überzugehen, darf man nur den aus der Tabelle entnommenen Werth um so viele Procent vergrössern oder verkleinern, als 7 in dem Ueberschusse oder Minderwerthe des gerade beobachteten Barometerstandes enthalten ist; z. B. bei dem Barometerstande 709 hat man den Tafelwerth um (21:7) oder 3 Proc. zu verkleinern, bei dem Barometerstande 758 mm hingegen um (28:7) oder 4 Proc. zu vergrössern.

Beispiel 1. Will man wissen, wie gross der Ueberdruck p in einer Entfernung 3 m von der neutralen Stelle ist, wenn die Temperaturdifferenz 30° beträgt, die untere Temperatur (t_1) — 10° ist und der Barometerstand 715 mm, so entnimmt man zunächst aus der Colonne — 10 und Zeile 30 der Tabelle die Zahl 0,132, multiplicirt dieselbe mit dem entsprechenden h = 3 und hat nun an 0,396 noch die Correctur wegen des Barometerstandes anzubringen. Da 730 — 715 = 15, und 15:7 nahezu 2, so ist 0,396 um 2% seines Werthes zu vermindern, wodurch man auf (0,396 — 0,008) oder 0,388 kommt.

Sind bei einem Barometerstande von 715 mm zwei Luftsäulen, deren Temperaturen — 10° und + 20° sind, durch eine Wand geschieden und an irgend einer Stelle im Gleichgewicht, so beträgt 3 m von dieser Stelle der Ueberdruck 0,388 mm Wasser, oberhalb vom Warmen zum Kalten, unterhalb vom Kalten zum Warmen gerichtet.

Beispiel 2. Die untere Temperatur betrage — 4°, die obere + 15, der Barometerstand 748 mm. Es soll der Ueberdruck p in einer Entfernung von 2,3 m gefunden werden.

In der Colonne — 5 und Zeile 19 findet man 0,084 für den Ueberdruck in 1 m Entfernung bei dem Barometerstande 730 mm. Wegen der Abweichung um + 1° ist 0,083 statt 0,084 zu nehmen.

In 2,3 m Abstand ist derselbe 0,083. 2,3 oder 0,191 mm bei 730 mm.

Bei dem um 18 mm höheren Barometerstande 748 hat man hinzuzufügen 18/7 oder 3%, wodurch 0,197 erhalten wird. Die genaue Correctur würde 0,196 ergeben, also einen Unterschied, der von der Ungenauigkeit der Temperaturbeobachtungen völlig verdeckt wird.

Tabelle der ventilirenden Kräfte (F), welche in 1 m Entfernung von der Horizontalebene des Gleichgewichts durch die Temperaturdifferenzen ($t_2 - t_1$) bei der unteren Temperatur t_1 und dem Barometerstande 730 entstehen, in Einheiten der 4. Decimale.

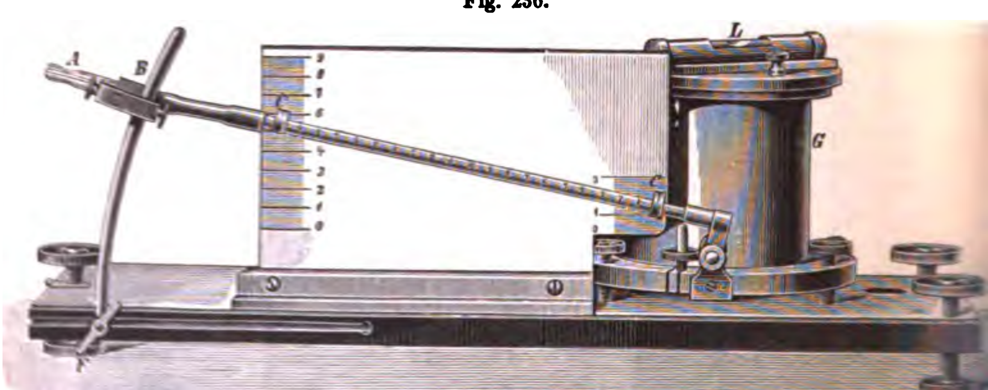
$t_2 - t_1$	$t_1 = -20$	-15	-10	-5	0	$+5$	$+10$	$+15$	$+20$
1	0,0053	51	49	47	45	43	42	41	40
2	0,0106	102	98	94	90	87	84	81	79
3	0,0158	152	146	140	134	130	126	121	118
4	0,0209	201	194	186	179	173	167	161	156
5	0,0260	250	241	232	223	215	208	201	194
6	0,0311	299	288	277	267	257	249	240	232
7	0,0362	348	334	322	310	299	289	279	270
8	0,0412	396	380	366	353	341	329	318	307
9	0,0461	443	426	411	396	382	369	357	345
10	0,0510	491	472	455	439	423	409	395	382
11	0,0559	538	517	499	481	464	448	433	419
12	0,0608	585	562	542	523	505	487	471	456
13	0,0656	631	607	586	565	545	526	509	492
14	0,0703	677	652	629	606	585	565	546	528
15	0,0750	723	696	671	647	625	603	583	564
16	0,0797	768	740	713	688	664	641	620	600
17	0,0844	813	783	755	728	703	679	657	635
18	0,0890	858	826	797	768	742	717	693	670
19	0,0936	902	869	838	808	781	754	729	705
20	0,0982	946	911	879	848	819	791	765	740
21	0,1028	990	953	920	887	857	828	801	774
22	0,1073	1034	995	960	926	895	864	836	808
23	0,1118	1077	1037	1001	965	932	900	871	842
24	0,1162	1120	1079	1041	1004	970	936	906	876
25	0,1206	1163	1120	1081	1042	1007	972	941	910
26	0,1250	1205	1161	1120	1080	1043	1007	975	943
27	0,1293	1247	1201	1159	1118	1080	1043	1009	976
28	0,1336	1288	1241	1198	1156	1117	1078	1043	1009
29	0,1379	1329	1281	1237	1193	1153	1113	1077	1042
30	0,1421	1370	1320	1275	1230	1189	1148	1111	1075
31	0,1463	1411	1359	1313	1267	1225	1183	1145	1107
32	0,1505	1451	1398	1350	1303	1260	1217	1178	1139
33	0,1546	1491	1437	1388	1339	1295	1251	1211	1171
34	0,1588	1531	1476	1425	1375	1330	1285	1244	1203
35	0,1629	1571	1514	1462	1411	1365	1319	1277	1235
36	0,1670	1611	1552	1499	1446	1399	1352	1309	1266
37	0,1710	1650	1590	1536	1482	1433	1385	1341	1297
38	0,1750	1688	1627	1572	1517	1467	1418	1373	1328
39	0,1790	1727	1665	1618	1552	1501	1451	1405	1359
40	0,1830	1766	1702	1644	1587	1535	1484	1437	1390

§ 17. *Experimenteller Nachweis und Messung der Ueberdrücke. Das Differentialmanometer.*

Zu diesen Messungen ist ein Manometer erforderlich, welches 0,01 mm Wassersäule noch augenfällig macht und abzulesen gestattet. Es wird genügen, wenn sich 0,01 mm durch eine Strecke von 0,5 mm ausdrückt, also eine 50fache Vergrösserung stattfindet.

Eine solche Vergrösserung lässt sich mittelst des in Fig. 236 abgebildeten Differenzialmanometers ausführen. Dasselbe beruht auf dem Princip der communicirenden Röhren. Die scheinbare Vergrösserung des Höhenunterschiedes der beiden Flüssigkeitssäulen wird dadurch erreicht, dass nur die eine der beiden communicirenden Röhren — das Reservoir G — vertical steht, während die andere — die Messröhre ABC — mehr oder weniger gegen den Horizont geneigt

Fig. 236.



ist. Da nämlich eine schiefe Flüssigkeitssäule AB (Fig. 237) auf ein Quadratmillimeter ihrer horizontalen Basis A nur ebenso stark drückt, wie diejenige verticale Säule BH, welche von B bis zur Horizontalebene AH hinabreicht, so steigt die Flüssigkeit in der geneigten Messröhre um die Hypotenuse AB, wenn auf das Niveau des Reservoirs ein Druck ausgeübt wird, welcher in einer vertical stehenden Messröhre ein Steigen um die Kathete HB veranlassen würde. Der Ausschlag ist somit in einer schiefen Röhre $\frac{AB}{BH}$ mal grösser als in einer verticalen, und das Zahlenverhältniss der thatsächlich gemessenen (oder abgelesenen) Hypotenuse AB zu ihrer Verticalprojection HB ist die durch Anwendung des Differenzialmanometers erreichte Vergrösserung.

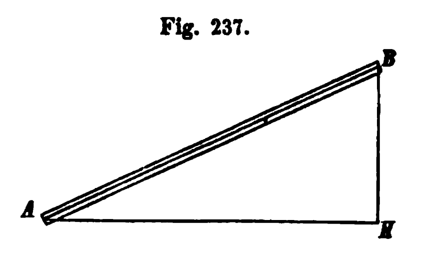
Umgekehrt stellt die Kathete BH die Höhe derjenigen verti-

calen Flüssigkeitssäule dar, deren Druck dem Drucke der schiefen Säule AB gleich ist, und die den Ablesungen an der Messröhre gleichwerthigen verticalen Säulen sind im Verhältniss von BH zu AB kleiner als die abgelesenen.

Das Verhältniss $BH:AB$ ist bekanntlich nur von dem Steigungswinkel BAH abhängig, und man muss es kennen, wenn man den Ablesungen durch Reduction derselben auf verticale Höhen absoluten Werth verleihen will. Zur Ermittelung desselben dient folgende Einrichtung.

Auf der Messröhre sind zwei Marken C, C_1 (Fig. 236) angebracht, welche genau 200 mm von einander abstehen. Dieser constante Abstand entspricht der Hypotenuse AB (in Fig. 237). Die Kathete BH wird gemessen, indem man eine mit horizontalen Theilstrichen versehene vertical stehende Metallplatte so nahe an die Messröhre heranschiebt, dass sie die beiden Marken C_1,C berührt, und sodann an jeder der beiden Marken die Millimeter abliest und die Zehntel schätzt. In der Fig. 235 würde man bei C die Zahl 63, bei C_1 die Zahl 34 ablesen, so dass sich für die Höhe der Kathete 63—24 oder 39 mm ergibt.

Fig. 237.



Das Zahlenverhältniss der Kathete zur Hypotenuse ist somit hier 39 : 200 oder 0,195 (die Steigung 19,5 Proc), und jede in der schiefen Röhre gemessene Länge einer Drucksäule wird durch Multiplication mit 0,195 auf die ihr gleichwerthige verticale Drucksäule reducirt. Hat man z. B. bei dieser Stellung der Messröhre beobachtet, dass in Folge der Einführung des vom inneren Niveau G abgeleiteten Schlauches in das Zugloch eines Ofens oder Kamins die Flüssigkeit vom Theilstriche 115,4 bis 92,0 zurücktrat, so entspricht die schiefe Länge von 115,4—92,0 oder 23,4 mm einer verticalen Flüssigkeitssäule von 23,4 . 0,195 oder 4,56 mm.

Würde man Wasser als Sperrflüssigkeit gewählt haben, so würde die ermittelte Höhendifferenz von 4,56 mm anzeigen, dass die Spannkraft der über dem inneren Niveau des Manometers befindlichen Luft, also auch der mit ihr im Gleichgewicht stehenden Ofenluft, um 4,56 kg per Quadratmeter geringer ist, als die Spannkraft der Luft in der Umgebung des Manometers, welche auf das äussere Niveau A drückt.

Diese Methode, den Reductionsfactor (hier 0,195) zu er-

mitteln, setzt voraus, dass die Ebene der Metallplatte, auf welcher die Theilung aufgetragen ist, vertical steht, und dass in dieser Ebene die Theilstriche horizontal laufen.

Der Mechaniker hat dafür zu sorgen, dass die Ebene der Theilung senkrecht auf der unteren Ebene ihrer eigenen Fussplatte steht, und dass die Theilstriche zu dem Durchschnitte dieser beiden Ebenen parallel sind. Stellt noch der Beobachter die eiserne Platte, auf welche die Fussplatte der Scala aufgesetzt wird, horizontal, so sind alle Bedingungen für die richtige Ermittelung der Steigung erfüllt.

Letzteres kann mittelst der Libelle erreicht werden, indem man die Stellschrauben der eisernen Platte so lange handhabt, bis die Libelle in zwei ungefähr zu einander senkrechten Richtungen einsteht. Mit einiger Sicherheit und Genauigkeit wird man indessen nur dann zum Ziele gelangen, wenn man die Aufstellung des Manometers von den durch die Stellung des Beobachters veranlassten Bewegungen des Fussbodens unabhängig macht.

Die verticale Stellung der Axe des Reservoirs oder die Horizontalstellung seines Glasdeckels ist zwar nicht nothwendig, aber immerhin wünschenswerth, weil die auf dem Glasdeckel an auffallender Stelle stehende Libelle den Beobachter von einer möglicher Weise eingetretenen Veränderung der Steigung benachrichtigen kann.

4. Die Sperrflüssigkeit. Bei Anwendung von Wasser begegnet man Schwierigkeiten, welche aus den wechselnden Adhäsions- und Cohäsions-Verhältnissen erwachsen. Wasser und Glas zeigen zwar im reinen Zustande so vollkommene Adhäsion, dass Wassertropfen auf reinem Glase nicht stehen bleiben, sondern ebenso zerfliessen, wie Weingeist oder Aethyläther. Im reinen Zustande kann sich aber eine Röhre, in welcher Zimmerluft ab- und zufliesst, nicht lange erhalten, und es zeigen sich sehr bald an dem vordringenden Wasserfaden Deformationen des Meniskus und infolge dessen Stauungen, welche jede Sicherheit der Messung ausschliessen und kleinere Ausschläge sogar ganz vereiteln können.

Es muss deshalb eine gegen die unvermeidlichen Verunreinigungen der Messröhre weniger empfindliche Flüssigkeit gewählt werden, der zugleich die Eigenschaft der Zähigkeit in möglichst geringem Grade zukommt.

Ich wende Weingeist von 80 bis 90 Proc. an. Das Färben desselben ist nur für Demonstrationszwecke zu empfehlen, da die Farbe beim Verdunsten der adhärirenden Flüssigkeit rückständig bleibt und die Röhre verunreinigt.

Wendet man eine Sperrflüssigkeit an, deren spec. Gewicht von 1 verschieden ist, so ist die Reductionszahl, welche sich aus dem Steigungsverhältnisse der Röhre ergibt, noch mit dem spec. Gewichte der Flüssigkeit zu multipliciren. Würde man z. B. bei der abgebildeten Stellung der Messröhre Weingeist vom spec. Gewichte 0,834 verwenden, so würde die Reductionszahl auf verticale Millimeter Wasser 0,195 . 0,834 oder 0,1626 sein.

Zur Bestimmung des spec. Gewichts genügt ein geprüftes Scalenaräometer, welches die Schätzung der dritten Decimale gestattet. Jedoch ist dabei auf die Temperatur zu achten, damit der Reductionsfactor der jeweiligen Temperatur der Sperrflüssigkeit angepasst werden kann. Es geschieht dieses bei Weingeist von ca. 90 Proc. dadurch, dass man das ursprüngliche spec. Gewicht für jeden Grad Temperaturerhöhung um eine Einheit der dritten Decimale vermindert, für jeden Grad Temperaturerniedrigung um eine solche Einheit vergrössert. Würde man z. B. bei 15° C. das spec. Gewicht des Weingeists (auf Wasser von 4° C. bezogen) zu 0,820 bestimmt haben, so dürfte man dasselbe bei 20° C. zu 0,815, bei 10° C. zu 0,825 annehmen. Aenderung der Temperatur um 1° C. bringt demnach bei 90 procentigem Weingeist in der Reductionszahl (und folglich auch in der zu messenden Grösse) eine Aenderung von etwas mehr als 1 pro mille ihres Werthes hervor, 4° eine Aenderung von 5 pro mille oder ½ Proc.

5. Correctur wegen Aenderung des inneren Niveaus. Durch das Vordringen der Flüssigkeit in der Messröhre sinkt das innere Niveau, und die auf verticale Höhe reducirte Säule, welche in der Messröhre abgelesen wurde, bildet offenbar nur den einen Summanden der entstandenen Niveaudifferenz, deren zweiter Summand die (nicht beobachtete) Höhe ist, um welche das innere Niveau gleichzeitig fällt. Analog muss die Höhe, um welche die Flüssigkeit in der Messröhre zurücktritt, noch vergrössert werden um die Höhe, um welche sich das innere Niveau hebt.

Es handelt sich bei diesen Aenderungen des inneren Niveaus allerdings nur um sehr kleine Grössen, welche in vielen Fällen unbeachtet bleiben dürfen, aber da auch die zu messenden Grössen häufig sehr klein sind, ist es von Interesse, durch eine exacte Betrachtung sich ein für allemal Gewissheit zu verschaffen, von welchem Einflusse die hier in Rede stehende Correctur ist.

Da die cubischen Inhalte der beiden Cylinder — des ausgefüllten und des leer gewordenen — gleich gross sind, so besteht zwischen den Querschnitten Q des Reservoirs, q der Messröhre und den Axen-

längen l (der unbekannten Veränderung des inneren Niveaus) und L (der an der Messröhre abgelesenen Länge) die Gleichung $Ql = qL$, aus welcher

$$l = \frac{q}{Q} L$$

folgt. Der Querschnitt Q des Reservoirs ist $100^2 \frac{\pi}{4}$ Quadratmillimeter gross, während die Messröhre von der inneren Weite d mm den Querschnitt $q = d^2 \frac{\pi}{4}$ (qmm) hat. Demnach ist

$$l = \frac{d^2}{10000} L$$

verticale Millimeter.

Da d nicht wohl grösser als 3 mm genommen werden darf, wenn bei kleinen Steigungen der Meniskus noch zuverlässig ausgebildet sein soll, so ist höchstens $l = 0{,}001\ L$, und es wird von der aufgewendeten Vergrösserung abhängen, ob diese Grösse innerhalb der unvermeidlichen Beobachtungsfehler liegt und somit vernachlässigt werden kann, oder ob sie von einigem Belang ist.

Bei der in obigem Beispiele (in der Figur) angewandten ca. fünffachen Vergrösserung (20 Proc. Steigung) würde das verticale l nur $5 . 0{,}001\ L$ und somit, wenn $L = 23{,}4$ mm ist, wenig mehr als 0,1 mm der Ablesung betragen. Die Correctur könnte demnach vernachlässigt werden. Beträgt aber die Steigung der Messröhre nur 3 Proc., was einer $^{100}/_3$ oder $33^1/_3$ fachen Vergrösserung entspricht, so ist das verticale $l = 33 . 0{,}001\ L$ abgelesenen Millimetern, was für $L = 23{,}4$ auf nahezu 0,8 mm anwächst und nicht mehr als Ablesungsfehler gelten kann. Die Correctur ist demnach hier anzubringen.

Beträgt die Steigung p Proc., so ist die Correctur der Ablesung höchstens

$$\frac{0{,}1}{p} L.$$

Wendet man aber eine Messröhre von 2 mm Weite an, so sinkt die Correctur auf

$$\frac{0{,}04}{p} L$$

herab und ist bei einem Durchmesser d mm der Messröhre und einer Steigung derselben von p Proc.

$$\frac{d^2}{100\ p} L,$$

so dass der directen Ablesung L allgemein die corrigirte Ablesung $L + \frac{d^2}{100\,p} L$ entspricht.

6. Andere Aichungsmethode. So einfach und übersichtlich die oben beschriebene Aichung durch directe Messung des Steigungsverhältnisses erscheint, so bringt sie doch durch die Ermittelung des spec. Gewichtes der Flüssigkeit und die Beachtung der Correctur wegen Veränderung des inneren Niveaus einige Umständlichkeit mit sich.

Es soll deshalb hier noch eine zweite Aichung beschrieben werden, welche da, wo eine gute Waage zu Gebote steht, den Vorzug verdient, weil sie sowohl die Bestimmung des spec. Gewichts, als die Beachtung der Correctur überflüssig macht und noch einen weiteren Vortheil bietet, der unten zur Sprache kommen soll.

Das Verfahren ist folgendes: Man stellt zunächst das Reservoir vertical (die Stellung der eisernen Fussplatte ist hier gleichgültig), bringt sodann durch Eingiessen oder Ablassen den Stand der Flüssigkeit in der Messröhre auf einen der unteren Theilstriche (10—30) und notirt denselben. Hierauf wird ein kleiner Kolben, in welchem sich etwa 50 ccm der Sperrflüssigkeit befinden, sammt einem geeigneten Glastrichterchen gewogen und eine beliebige Menge des Inhalts durch den Trichter in das Reservoir gegossen. Schliesslich wird der neue Stand der Flüssigkeit in der Messröhre notirt und Kolben sammt Trichter zurückgewogen.

Hat man p Gramm Flüssigkeit irgend welcher Art eingegossen und dadurch in der Messröhre ein Vordringen um L mm bewirkt, so ist der Reductionsfactor auf verticale Millimeter Wasser (Kilogramm per Quadratmeter)

$$\frac{7\,p}{55\,L},$$

und eine Correctur wegen Veränderung des inneren Niveaus ist nicht anzubringen.

Die Begründung dieses einfachen Resultates findet man im Archiv für Hygiene 17. Bd. S. 246. Ebenso den Nachweis, dass durch dieses Verfahren der Fehler des Kalibers vollständig corrigirt wird, wenn die Röhre rein conisch ist. Messröhren, welche nicht cylindrisch oder rein conisch sind, sind zu verwerfen.

7. Zwei Beobachtungsfehler. a) Ist die Messröhre vor der Stelle, an welcher sich gerade das Ende des Flüssigkeitsfadens befindet, nicht von Flüssigkeit benetzt, so kann eine leichte Ver-

unreinigung der Röhre, wie sie durch eindringende Staubtheilchen hervorgebracht wird, die vollkommene Ausbildung des Meniskus hindern und so eine Verkürzung der vordringenden Flüssigkeitssäule oder Verkleinerung des positiven Ausschlages verursachen. Derselbe Fehler kann auch der Nullpunktsbestimmung anhaften. Er wird dadurch vermieden, dass man nach Eintritt des Gleichgewichts durch leichtes Zusammendrücken des Schlauches die Flüssigkeit etwas über die Gleichgewichtslage hinaus treibt, so dass auch bei positiven Ausschlägen das Ende des zurückgetretenen Fadens abgelesen wird.

b) Häufig entsteht ein Beobachtungsfehler dadurch, dass die Luft in dem Schlauche, welchen man von einem Niveau des Manometers aus abwärts oder aufwärts nach der zu untersuchenden Stelle führt, bereits eine von der Umgebung des Schlauches abweichende Dichtigkeit besitzt, ehe die Einwirkung der fraglichen Ursache erfolgt. Es ist das immer der Fall, wenn der Schlauch Reste eines anderen Gases enthält (z. B. Leuchtgas) oder eine von der Luft seiner Umgebung abweichende Temperatur besitzt.

Von der Thatsache und von der Art dieses Einflusses kann man sich leicht überzeugen, wenn man α) einen Gasschlauch, der unlängst zur Leitung von Leuchtgas gedient hat, an das Reservoir ansetzt und entweder in die Höhe hebt oder frei herabhängen lässt. Man wird in beiden Fällen Ausschläge erhalten, negative beim Heben, positive beim Niederlassen des Schlauchendes, obwohl durch das Versetzen desselben in ein anderes Niveau, in welchem die Luft mit der Luft der Umgebung des Manometers im Gleichgewicht ist, kein Grund zu irgend einem Ausschlage gegeben ist. β) Ist das Manometer in einem geheizten Zimmer aufgestellt und man holt ein neues Stück Gasschlauch aus einem ungeheizten Zimmer, um es an das Reservoir anzusetzen, so wird man beim Heben des Schlauchendes positive, beim Senken desselben negative Ausschläge beobachten, und diese Ausschläge werden sich vermindern oder auch ganz verlieren, wenn man die kalte Luft austreibt, indem man den Schlauch einige Male mit der Hand ausstreift.

Die Ursache dieser Erscheinung liegt in der Gewichtsdifferenz zwischen der im Schlauche befindlichen Gassäule einerseits und einer Luftsäule, welche sich frei vom äusseren Niveau des Manometers bis zu derjenigen Horizontalebene erstreckt, in der sich das vom Reservoir abgeleitete Schlauchende befindet. Beide Säulen sind der Voraussetzung gemäss in der zuletzt genannten Horizontalebene im Gleichgewicht — wäre es nicht vorhanden, so würde es

sich sofort durch Ein- oder Ausströmen am Schlauchende herstellen —; aber der gemeinsame Luftdruck P, der in dieser Ebene herrscht, wächst, wenn die Ebene höher liegt als das Manometer, nach unten um ungleiche Gewichte, die bei Anwendung des kalten Schlauches im Schlauche selbst grösser sind als ausserhalb: deshalb erfolgt am Manometer ein positiver Ausschlag. Senkt man hingegen den kalten Schlauch, so nimmt von seinem Ende aus nach oben der Druck innerhalb um das Gewicht einer kälteren, also dichteren Luftsäule ab, als ausserhalb, ist folglich über dem Niveau des Reservoirs kleiner als über dem der Messröhre, und das Manometer giebt einen negativen Ausschlag.

In umgekehrtem Sinne müssen die Druckdifferenzen ausfallen, wenn das specifische Gewicht des im Schlauche enthaltenen Gases kleiner ist als das der umgebenden Luft.

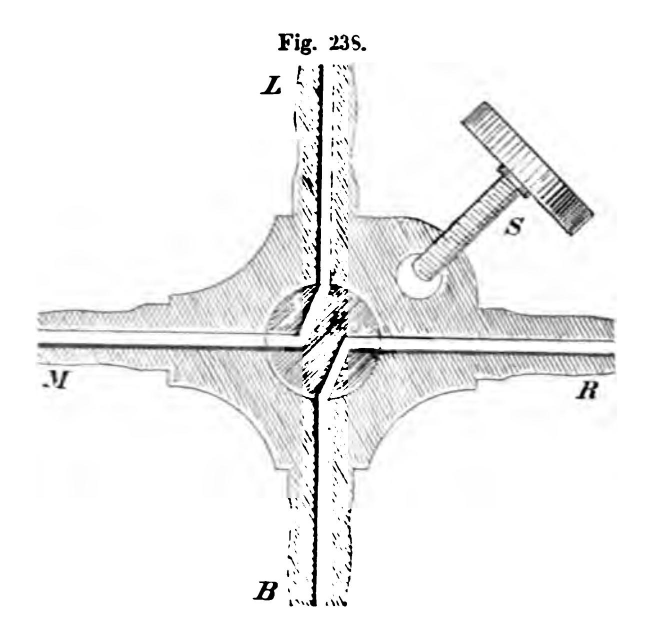
Leider lässt sich dieser Fehler nicht dadurch vermeiden oder eliminiren, dass man durch wechselndes Ansetzen des Schlauches an das innere und äussere Niveau des Manometers Ausschläge von entgegengesetztem Sinne herbeiführt, denn es wechselt dabei auch der Fehler sein Vorzeichen. Bringt der Schlauch für sich am Reservoir (inneren Niveau) angesetzt, einen positiven Ausschlag hervor, so fallen die auf den wahren Nullpunkt bezogenen negativen Ausschläge zu klein aus, und eben dieses tritt für die positiven Ausschläge ein, wenn man den Schlauch an die Messröhre ansetzt, weil bei dieser Anordnung der kalte Schlauch für sich einen negativen Ausschlag giebt.

Man hat also in solchen Fällen, wo die Beobachtungsstelle wesentlich höher oder tiefer liegt als der Ort des Manometers, einige Vorsicht anzuwenden. Am besten ist es, den vom Reservoir abgeleiteten Schlauch zunächst in die Höhe der Beobachtungsstelle an einen indifferenten Ort zu führen, dessen Luft mit der Luft der Umgebung des Manometers im Gleichgewicht ist, und zu beobachten, ob sich das äussere Niveau verschieden einstellt, je nachdem man den Stöpsel des Glasdeckels geöffnet oder verschlossen hält. Im ersteren Falle erhält man den wahren Nullpunkt, im zweiten Falle einen falschen, durch den Einfluss des Schlauches herbeigeführten. Bezieht man die folgende Beobachtung auf den falschen Nullpunkt, so wird sie vollständig richtig, wenn sich derselbe während der Beobachtung nicht geändert hat, also bei der nach der Beobachtung in gleicher Weise wie vorher vorzunehmenden Controle noch an derselben Stelle ist.

8. Elimination des Nullpunktes. Bei sehr kleinen Stei-

gungen der Messröhre wird die Bestimmung des Nullpunktes unsicher, weil die kleinen Anregungen, welche hier durch die verschwindenden Gewichtsdifferenzen der Flüssigkeitssäulen gegeben werden, gegenüber den Bewegungswiderständen nicht immer zum vollkommenen Ausgleich der Höhendifferenz führen. Da aber gerade durch die Möglichkeit der Ausnützung sehr kleiner Steigungen der Werth des Instrumentes wesentlich erhöht wird, ist ein Verfahren erwünscht, den Nullpunkt zu eliminiren. Es gelingt dieses durch Doppelbeobachtung, indem man die zu messende Druckdifferenz veranlasst, abwechselnd einen positiven und einen negativen Aus-

Fig. 238.



schlag zu geben, und man sieht sofort, dass die entgegengesetzten Ausschläge erhalten werden, wenn man den Schlauch, welcher zur Beobachtungsstelle führt, abwechselnd von dem inneren und von dem äusseren Niveau des Manometers ableitet.

Um indessen zu diesem Zwecke die Schläuche nicht abnehmen zu müssen, bedient man sich eines Zwischenstückes, welches in Fig. 238 so abgebildet ist, wie man es etwa vom Mechaniker könnte herstellen lassen. Dasselbe hat vier Wege, welche vom Hahn *H* ausgehen und zwar *HR* zum Reservoir, *HM* zur Messröhre, *HL* in die freie Luft der Umgebung, *HB* zur Stelle des beobachteten Druckes.

In der Kreuzung dieser Wege sitzt der Vierweghahn *H*, welcher in der abgebildeten Stellung das Reservoir mit der Beobachtungsstelle und die Messröhre mit der freien Luft verbindet. Dreht man denselben um 90°, so verbindet er das Reservoir mit der freien Luft und die Messröhre mit der Beobachtungsstelle.

Mittelst der Schraube *G* kann der Wechsel an ein Drahtstück (wie *B* in Fig. 236) festgeklemmt werden.

Natürlich kann man sich statt des besonders herzustellenden metallenen Apparates auch eines käuflichen gläsernen Vierweghahnes bedienen und hat es dann nur so einzurichten, dass der freie Luftweg dem Weg zur Beobachtungsstelle gerade gegenüber liegt.

Im Besitze eines solchen Wechsels, an welchen sich die zwei zum inneren und zum äusseren Niveau des Manometers führenden Schläuche anschliessen, kann man, falls nicht etwa die in 7 b) beschriebene Fehlerquelle droht, von der Bestimmung des Nullpunktes ganz absehen und nur die beiden Endlagen des Flüssigkeitsfadens notiren, welche er vor und nach dem Wechsel einnimmt. Die Hälfte der Differenz beider Ablesungen ist die gesuchte Länge der schiefen Drucksäule.

Es wird durch diese Umschaltung (Repetition), ohne dass mehr als zwei Ablesungen zu machen sind, nicht nur der Fehler, welcher der Nullpunktsbestimmung anhaften könnte, vollkommen eliminirt, sondern auch der allgemeine Beobachtungsfehler durch 2 dividirt, also die doppelte Genauigkeit der einzelnen vom Nullpunkt aus gezählten Beobachtung erreicht.

§ 17 a. *Ausführung der Versuche.*

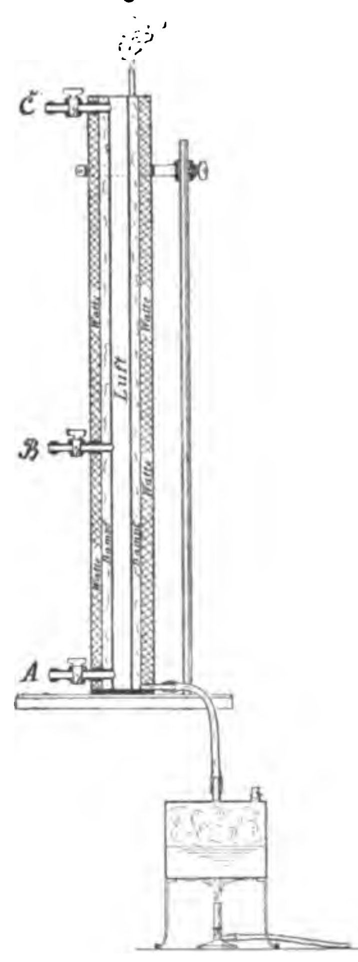
Das Differenzialmanometer wird an einem Orte aufgestellt, dessen Neigung gegen den Horizont durch die Bewegungen des Beobachters nicht merklich beeinflusst wird, z. B. auf einem an der Wand befestigten Consol, auf einem Fenstergesims, und wird bei horizontaler Fussplatte auf ca. 2½ Proc. Steigung eingestellt. Hierauf wird es mit käuflichem Weingeist (den man für Demonstrationszwecke roth färben kann) soweit gefüllt, dass die Flüssigkeit ungefähr in der Mitte der Messröhre steht.

Von dem Reservoir führt ein Kautschukschlauch nach dem in Fig. 239 dargestellten Apparate, dessen man sich zum Zwecke dieser Demonstration im Münchener hygienischen Institute bedient.

Eine unten und oben verschlossene, etwas über 2 m hohe Messingröhre von 2 bis 3 cm Weite ist unten bei A, ferner in einer Höhe von 0,8 m bei B und endlich 2 m von A entfernt bei C seitlich an-

gebohrt und daselbst mit Bohransätzen versehen, welche mittelst Hahn[1]) verschliessbar und zur Ansetzung eines Schlauches geeignet sind.

Fig. 239.



Die Röhre ist in einem Abstande von ca. 1,5 cm mit einem **Dampfmantel** umgeben, der seinerseits durch eine **Wattschicht** vor Abkühlung geschützt ist.

Erster Versuch. Während Dampf durch den Mantel strömt, kann man die Hähne bei B und A geschlossen, hingegen den Hahn bei C offen halten; dann wird die Luft der Röhre sich während der Erwärmung unter dem constanten Drucke der Atmosphäre ausdehnen und sich an ihrer **oberen Grenze** C mit der Luft des Zimmers ins Gleichgewicht setzen.

Wird nun, nachdem etwa 5 Minuten lang Dampf aus der oberen Mündung des Dampfmantels ausgeströmt ist, der vom Differenzialmanometer abgeleitete Schlauch in A angesetzt und sodann der daselbst befindliche Hahn geöffnet, so tritt die Flüssigkeitssäule im Manometer um circa 25 mm zurück (negativer Ausschlag).

Dieser Ausschlag erklärt sich auf folgende Weise. In C ist die innere warme Luft mit der äusseren kalten im Gleichgewicht. Von hier aus bis hinab nach A wächst der äussere Druck um das Gewicht einer kälteren, also schwereren Säule, als der Druck der inneren Luft. Der Unterschied beträgt, da $h = 2$ m, ungefähr 0,5 mm Wasser, wenn die innere Temperatur (t_i) zu 100° C, die äussere zu 20° angenommen wird.

Dieser Ueberdruck, den in A die äussere Luft über die innere be-

1) Die Hähne sollen ausser der geraden Durchbohrung noch eine Kniebohrung senkrecht zu ersterer besitzen, damit die Ansätze *A*, *B*, *C* bei geschlossener Röhre und angesetztem Manometerschlauche noch mit der äusseren Luft verkehren; dadurch werden die nicht zur Sache gehörigen, also störenden Bewegungen vermieden, welche das Manometer bei Ansetzen des Schlauches infolge Luftcompression zeigen würde.

sitzt, wird bewirken, dass aus dem angesetzten Schlauche, in welchem sich ja ebenfalls äussere Luft befindet, so lange Luft in die warme Röhre überströmt (und in C ausströmt), bis auch die Luft im Schlauche und Reservoir vermöge ihrer so verminderten Dichtigkeit nur mehr ebenso schwach drückt wie die innere warme Luft. Dann hat aber die Zimmerluft, welche vor der offenen Messröhre des Manometers steht, Ueberdruck über die Luft des Reservoirs und drückt die Weingeistsäule so weit zurück, bis diese im Reservoir um 0,5 mm Wasseräquivalent höher steht als in der Messröhre.

Zweiter Versuch. Während fortwährend Dampf durch den Mantel strömt, schliesst man den Hahn unten bei A und oben bei C, nimmt den Schlauch bei A ab und setzt ihn bei C an. Hierauf wird zunächst durch Oeffnen des Hahnes bei A der Zimmerluft gestattet, sich daselbst mit der inneren ins Gleichgewicht zu setzen, und sodann der Hahn bei C geöffnet. Es erfolgt ein positiver Ausschlag von derselben Grösse (ca. 25 mm), welche vorhin der negative hatte.

Die Erklärung liegt in dem Umstande, dass von A aus nach oben der Druck der äusseren Luft um das Gewicht einer kälteren, also schwereren Luftsäule abnimmt, als der Druck der inneren Luft. Folglich behält letztere in C Ueberdruck über die erstere.

Dritter Versuch. Wird nun A geschlossen und B geöffnet, so vermindert sich der Ausschlag des Manometers auf $^{12}/_{20}$ des früheren, wird also nur noch 15 mm betragen.

Daraus ergiebt sich, dass die Ueberdrücke an irgend einer Stelle (C) der Entfernung dieser Stelle von der neutralen Stelle (B) proportional sind, an welcher die beiden Luftsäulen gerade im Gleichgewicht sind. Ebenso dient ein vieter Versuch, bei welchem C geschlossen, B offen und der Schlauch in A angesetzt ist, um zu zeigen, dass nun der negative Ausschlag auf $^{8}/_{20}$ des früheren, also 10 mm zurückgeht, wie es dem nunmehrigen Abstand der Stelle A von der Stelle (B) des Gleichgewichtes entspricht.

Fünfter Versuch. Man schliesst die drei Hähne und setzt den Schlauch in B an. Oeffnet man dann zunächst den unteren Hahn A und hierauf B, so erhält man 10 mm positiven Ausschlag; schliesst man aber A und öffnet C, so wird der Ausschlag negativ und beträgt 15 mm.

Da die Luft in jedem Niveau nach allen Richtungen gleich stark drückt, so erhält man offenbar die gleichen Ausschläge, wenn man die Mündungen A vertical nach unten, C vertical nach oben richtet oder die Ansätze in der Längsaxe der Röhre anbringt. In letzterem Falle würden in Folge Verlängerung der Röhre ein wenig grössere Ausschläge zu erwarten sein.

Es scheint wichtig, die beschriebenen Versuche mit erwärmter Luft auszuführen, aber auch nicht ohne Interesse, ein kaltes Gas zu verwenden, dessen specifisches Gewicht von dem der Luft erheblich

abweicht, weil dadurch die Einsicht befestigt wird, dass es lediglich der Gewichtsunterschied der Gassäulen ist, was die Ausschläge am Manometer hervorbringt. Am bequemsten hierfür ist Leuchtgas, womit man sehr erhebliche Druckdifferenzen erhält.

Um die innere Röhre mit Leuchtgas zu füllen, darf man nur B schliessen, A und C öffnen und den Schlauch der Gasleitung in A ansetzen. Man wird alsbald das Gas in C anzünden können und aus der Art der Flamme schliessen, ob die Luft hinreichend ausgetrieben ist. Es wird dann in C und A abgeschlossen, der Gasschlauch entfernt und der Manometerschlauch angesetzt. Es ist hier noch wichtiger als bei der Luft zu vermeiden, dass zwei Hähne gleichzeitig die Verbindung des Inneren der Röhre mit der freien äusseren Luft herstellen, weil in diesem Falle sofort eine durch die beobachteten Ueberdrücke veranlasste kräftige Strömung das Gas bei C hinaustreiben würde.

Es können nun mit der Leuchtgasfüllung die fünf oben beschriebenen Versuche wiederholt werden. Die Resultate unterscheiden sich nur durch die Grösse der Ausschläge.

Endlich kann man durch eine Füllung mit Kohlensäure alle Vorzeichen der Ausschläge umkehren und so ein Bild gewinnen für die Ueberdrücke, welche sich ausbilden würden, wenn die Röhre mit kälterer Luft gefüllt sich in einer wärmeren Umgebung befindet. Dass dieser Fall auch mit Luft dargestellt werden kann, indem man den hierfür passend eingerichteten Mantel mit Eis oder einer Kältemischung füllt, bedarf kaum der Erwähnung.

Aus den beschriebenen Versuchen dürfte hinreichend klar werden, wie sich zwei Luftsäulen gegen einander verhalten, welche verschiedene Temperatur haben und an einer Stelle ihrer Höhe im Gleichgewicht sind. Dass noch an einer zweiten Stelle Gleichgewicht bestehe, ist ebenso unmöglich, wie dass sich zwei gerade Linien in zwei Punkten schneiden. Aber es ist denkbar, dass längs der verticalen Grenzscheide von der Höhe h überhaupt keine Stelle besteht, an welcher Gleichgewicht herrscht.

Dieser Fall liesse sich mittelst des Apparates (Fig. 239) sehr leicht dadurch herstellen, dass man während der Erwärmung der Röhre alle Hähne geschlossen hält. Schliessen dieselben wirklich luftdicht, so hat die eingeschlossene Luft überall höheren Druck, als die äussere; denn die Erwärmung findet bei constantem Volumen statt. Da sich das Gewicht der eingeschlossenen Luft nicht ändert, ist der

Ueberdruck längs der ganzen Höhe gleich gross, und die heisse Luft würde, wenn man einen der Hähne öffnete, überall mit der gleichen Kraft herausgetrieben. Bekanntlich ist diese Kraft sehr erheblich und würde unter den oben angenommenen Verhältnissen ungefähr $^1/_4$ Atmosphäre betragen. Oeffnet man nun wirklich einen der Hähne auf einen Augenblick, so vermindert sich sofort im Innern die Dichtigkeit und mit ihr der Ueberdruck. Nehmen wir an, die Zeit, in welcher der Hahn offen stand, habe genügt, den Ueberdruck bis auf $^1/_{10}$ Atmosphäre abzuschwächen, dann hat die Dichtigkeit nach dem BOYLE-MARIOTTE'schen Gesetze im Verhältniss von $1^1/_4 : 1^1/_{10}$ oder 25 : 22 abgenommen und beträgt demnach nur noch $^{22}/_{25}$ der früheren, also auch den gleichen Bruchtheil der äusseren Luftdichte, mit welcher die innere nach der Erwärmung zunächst noch gleich war.

Das hat zur Folge, dass der Ueberdruck der inneren Luft über die äussere nicht mehr über die ganze Höhe hin gleich gross ist. Vielmehr muss er nun unten (bei A) um die Gewichtsdifferenz der beiden Luftsäulen von der Höhe AC kleiner sein als bei C.

Nimmt man die Dichtigkeit der äusseren Luft zu $1{,}2 \frac{\text{kg}}{\text{cbm}}$ an, so ist die der inneren $^{22}/_{25}$ 1,2, also wiegen 2 cbm der warmen Luft um $2 . {}^3/_{25} . 1{,}2$ oder 0,288 kg weniger als 2 cbm der kalten, und der Ueberdruck der inneren Luft über die äussere beträgt in A um 0,288 mm Wasser weniger als in C. Nach vollständiger Ausgleichung der Spannungen ist die Dichtigkeit im Innern ungefähr noch $^4/_5$ der äusseren, und folglich ist der Ueberdruck der inneren Luft in C um $2 . {}^1/_5 . 1{,}2 \frac{\text{kg}}{\text{qm}}$, also nahezu um die oben berechneten 0,5 mm Wasser stärker als in A. Daraus folgt, dass bei stetiger allgemeiner[1]) Abnahme der inneren Dichtigkeit (z. B. durch Ausströmen oder chemische Absorption) der Ausgleich der Spannungen zuerst an der untersten Stelle (bei A) erreicht wird, während oben (bei C) noch (0,5 mm) Ueberdruck der inneren Luft über die äussere besteht.

Es bestehen somit jetzt dieselben Verhältnisse wie bei dem zweiten der oben beschriebenen Versuche. Während die gewöhn-

1) Locale Aenderungen der Dichtigkeit durch Einströmen oder Ausströmen der Luft an dieser oder jener Stelle werden hier nicht local berücksichtigt, sondern nur in ihrer Wirkung auf die mittlere Dichtigkeit der inneren Luft gewürdigt. Es wird also ein sofortiger Ausgleich innerer Dichtigkeitsunterschiede angenommen, wie er in der That durch die unmerklichen, innerhalb jedes Zimmers stattfindenden Luftströmungen unausgesetzt stattfindet.

lichen (Quecksilber-)Manometer Gleichheit des inneren und äusseren Druckes verkünden, belehrt uns das Differenzialmanometer übereinstimmend mit der Rechnung, dass 1) diese Gleichheit streng genommen nur an einer Stelle stattfindet, und dass, 2) wo diese Stelle auch liegen mag, die in der Richtung warm gegen kalt gerechnete Druckdifferenz: (Druck der warmen Luft minus Druck der kalten Luft) an der oberen Grenze um die Gewichtsdifferenz der beiden nach unten folgenden Luftsäulen grösser ist als an der unteren Grenze.[1])

§ 18. *Die ventilirenden Kräfte des Windes.*

Es ist bis jetzt ausführlich von der Entstehungsweise und der Grösse derjenigen Druckdifferenzen oder Ueberdrücke gesprochen worden, welche durch Temperaturdifferenzen benachbarter Luftsäulen hervorgebracht werden, weil diese Ueberdrücke bei Windstille die einzigen Kräfte sind, von welchen die Luft in Gebäuden bewegt wird. Es sei denn, dass eine besondere Maschine (Ventilator) zum Zwecke der Luftbewegung betrieben wird.

Der Wind ventilirt die Gebäude dadurch, dass er in Folge seiner Stauung durch eine ihm entgegenstehende Wand vor derselben Luftverdichtung und durch sein Vorbeistreichen an den windstillen Räumen, welche sich hinter dem Gebäude befinden, Luftverdünnung erzeugt und auf diese Weise Druckdifferenzen hervorbringt, welche schon bei schwachem Winde den durch Temperaturunterschiede erzeugten gleich kommen und sie bei „windigem Wetter“ erheblich übertreffen können.

Die Grösse (Quantität) des Winddrucks auf eine Fläche F, welche senkrecht zur Windrichtung steht, ist der Grösse dieser Fläche proportional, so dass die Intensität des Winddrucks, d. h. der Druck auf die Flächeneinheit, von der Grösse der Fläche unabhängig ist.

Die Intensität des Winddruckes ist der sog. Geschwindigkeitshöhe $\frac{v^2 s}{2g}$ proportional, wobei v die in Metern ausgedrückte Wind-

---

1) Die Allgemeingültigkeit dieses Hauptsatzes ist dadurch bedingt, dass im Sinne der Algebra der Werth einer Differenz von negativem Vorzeichen um so kleiner geschätzt wird, je grösser ihr Zahlenwerth ist. Es kann nämlich vorkommen, dass obige Druckdifferenz oben und unten negativ ist, z. B. wenn in einem kalten Raume durch Entzündung von Pulver u. dergl. die Dichtigkeit der Luft plötzlich vergrössert wird. Dann ist dem Satze gemäss der innere Ueberdruck oben schwächer.

geschwindigkeit, s das Gewicht eines Kubikmeters Luft in Kilogrammen und g die Fallbeschleunigung (9,81 m) bezeichnet.

Der Factor (Coefficient), mit welchem $\frac{v^2 s}{2 g}$ zu multipliciren ist, um die mittlere Intensität des Winddrucks auf eine bestimmte Staufläche zu erhalten, ist von der Form dieser Fläche abhängig, aber bisher nur für frei stehende kreisförmige und quadratische Flächen mit hinreichender Sicherheit zu 0,75 ermittelt. Dass derselbe in irgend einem Falle die Grösse 1 erreichen könnte, ist ausgeschlossen. Für Rechtecke ist er wahrscheinlich kleiner als 0,75.

Die Vertheilung des Winddruckes über eine Fläche, welcher der Wind nach allen Seiten ausweichen kann, ist folgende. Der Druck hat seinen grössten Werth, nämlich $J = \frac{v^2 s}{2 g}$, in der Mitte der Fläche und nimmt nach dem Rande zu ab, zunächst sehr langsam, so dass in 0,6 des Radius die Intensität noch 0,9 J ist, während dieselbe auf den äussersten Randstreifen nur mehr 0,38 J beträgt.

Kann der Wind nicht nach allen Seiten ausweichen, wie bei Gebäuden, die selbst dann, wenn sie frei stehen, durch ihren Zusammenhang mit dem Boden ein Hinderniss bieten, dann ist anzunehmen, dass sich der Mittelpunkt des Druckes nach unten verlegt und dass der Druck von hier aus langsam nach oben und nach den Seiten der ihm entgegenstehenden Gesammtfaçade abnimmt.

Macht man demnach in Ermangelung genauerer Kenntnisse über die wirkliche Druckvertheilung die Annahme, dass die Intensität des Winddruckes gegen senkrecht getroffene Hauswände überall von der Grösse $J = \frac{v^2 s}{2 g}$ ist, so ist man sicher, dieselben nicht zu gering anzuschlagen.

Nimmt man das Gewicht eines Kubikmeters Luft zu 1,18 an, wie es z. B. den Verhältnissen:

Barom.	Temp.
700 mm	2° C
730 mm	14° C
760 mm	26° C
790 mm	30° C

entspricht, so kann man kürzer $J = 0{,}06\ v^2$ setzen.

Die Intensität des Winddrucks ist dann für Geschwindigkeiten von 1—20 Meter und $s = 1{,}18$ berechnet, folgende (in Kilogrammen auf das Quadratmeter):

Tabelle über den Zusammenhang zwischen Windgeschwindigkeit und Winddruck.

m Geschwindigkeit (v):	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
kg Winddruck auf 1 qm (J):	0,06	0,24	0,54	0,96	1,50	2,16	2,94	3,84	4,86	6,00
Beaufort-Scala:	I leiser Zug		II leichter Wind		III schwach		IV mässig		V frisch	

m Geschwindigkeit (V):	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
kg Winddruck auf 1 qm (J):	7,26	8,64	10,14	11,76	13,50	15,36	17,34	19,44	21,66	24,00
Beaufort-Scala:	VI stark		VII hart		VIII stürmisch		IX Sturm		X starker Sturm	

In der Beaufort-Scala folgen noch die Grade XI (harter Sturm) und XII (Orkan). Dieselbe ist bekanntlich in den Wetterkarten zur Bezeichnung der Windstärke üblich, indem den Pfeilen, welche mit dem Winde fliegen, eine der Stärke proportionale Befiederung gegeben wird: ıı→ bedeutet Westwind von mässiger Stärke (IV Beaufort), ↙ (IX Beaufort) Sturm aus Nord-Ost.

Die angegebenen Winddrücke beziehen sich, streng genommen, nur auf die Mitte der Vorderseite einer senkrecht vom Winde getroffenen Fläche, an deren Rand der Wind frei ausweichen kann. Gegen den Rand hin nimmt der Winddruck ab. Hält man aber eine Tafel dem Winde entgegen, so gesellt sich zu dem auf die Vorderseite derselben treffenden Ueberdrucke noch ein Unterdruck auf der Rückseite, der nach meinen Messungen nahezu gleichmässig über die Fläche vertheilt und von der Grösse 0,37 J ist. Ueberdruck und Unterdruck sind mit dem durch den Barometerstand gegebenen Drucke der ruhenden Luft verglichen.

Der Unterdruck muss zu dem Ueberdruck hinzugerechnet werden, wenn man wissen will, wie stark die Gesammtkraft ist, mit welcher der Wind z. B. eine frei stehende Mauer, einen Kamin von viereckigem Querschnitt oder ein Segel zu bewegen sucht. Diese Gesammtkraft kann demnach höchstens auf $1{,}37 \frac{v^2 s}{2\,g} \frac{kg}{qm}$ angeschlagen werden.[1])

1) Wenn man in älteren Werken (nach SMEATON) den Zusammenhang zwischen Windgeschwindigkeit und Winddruck so angegeben findet, dass der Winddruck $\frac{v^2 s}{g} \frac{kg}{qm}$, also das Doppelte des in der obigen Tabelle betrage, so beruht diese Berechnung keineswegs auf Messungen, sondern auf der offenbar irrigen theoretischen Voraussetzung, dass der Wind seine ganze Geschwindigkeit an die getroffene Fläche abgiebt. Denn $\frac{v^2 s}{g}$ ist nichts Anderes als der Druck, welchen eine mit der Geschwindigkeit v ankommende Masse von der Grösse $\frac{v\,s}{g}$ (kg) auf das qm ausübt, wenn sie ihre Geschwindigkeit verliert.

Eine Kraft von gleicher Grösse kann als Ventilationsdruck für ein Haus in Anspruch genommen werden, von welchem eine Wand senkrecht dem Winde zugekehrt ist, während die gegenüberliegende Wand frei liegt (nicht angebaut ist).

Trifft der Wind schief auf eine Wand, so ist es nicht mehr die Mitte der Wand, welche den stärksten Druck erfährt, sondern das Maximum des Druckes verlegt sich nach der Seite hin, von welcher der Wind kommt, um so weiter, je kleiner der Winkel wird, den die Wand mit der Richtung des Windes bildet. Zugleich muss die Stärke des Winddruckes aus zwei Gründen abnehmen: Erstens wird ein Quadratmeter, welches schief zur Windrichtung steht, nur so viel Wind bekommen, als seine zur Windrichtung senkrechte Projection, und zweitens wird der schief auftreffende Windstrom nur eine Componente derjenigen Geschwindigkeit abgeben, die der senkrechte verliert.[1]) Es ist somit auf der Vorderseite einer Wand, welche schief vom Winde getroffen wird, der Ueberdruck selbst an der Stelle, wo er am grössten ist, noch erheblich kleiner als J, während bei dem Mangel jeder Erfahrung nichts darüber ausgesagt werden kann, ob und in wie weit sich etwa auch der Unterdruck auf der Rückseite vermindert.

Die einfachen Verhältnisse, wie sie ein einzelnes frei stehendes Haus bietet, hatte ich Gelegenheit, an zwei Gebäuden in Kaiserslautern zu studiren.

Das eine war eine kleine Bauhütte (Fig. 240, S. 590), welche auf einer ziemlich breiten Terrasse am Abhange eines Berges etwa 10 m über dem Bahndamm lag. Sie bestand nur aus zwei Räumen im Erdgeschoss, von welchen der westliche einem Aufseher zur Wohnung, der östliche als Magazin diente. Der westliche wurde im Sommer bei starkem Westwinde auf seine Druckverhältnisse untersucht, indem von Manometern, die im Zimmer selbst aufgestellt waren, Schläuche nach eisernen Röhren geleitet wurden, welche in Brusthöhe durch die vier aufrechten Wände, sowie durch die Decke und durch den nicht unterkellerten Fussboden gesteckt waren. Auf dem Dache war ein kleines Robison-Anemometer aufgestellt, welches die Windgeschwindigkeit dadurch registrirte, dass es nach je 1000 Umdrehungen einen Stromschluss machte, der auf einer rotirenden Walze einen Stich in einen Papierstreifen veranlasste.

---

1) Dieser Vorstellung gemäss würde der Winddruck, der auf einem senkrecht getroffenen Quadratmeter die Stärke J hat, auf $J \cos^2 \alpha$ abgeschwächt, sobald die Windrichtung um den Winkel α von der senkrechten abweicht.

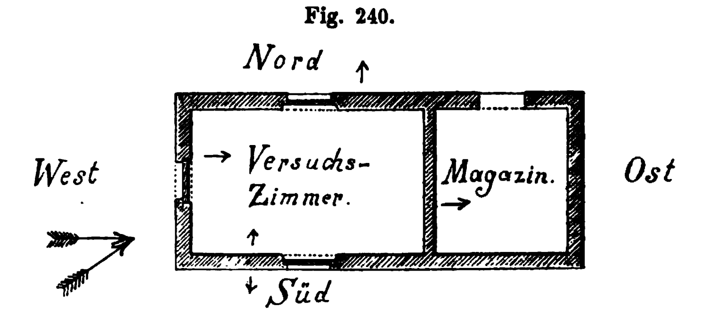
Beobachtet wurde: Druck von aussen nach innen
a) an der westlichen Wand,
b) am Fussboden;

Druck von innen nach aussen
a) an der nördlichen Wand,
b) an der östlichen Wand (des Magazins),
c) an der Decke:

Veränderlich war die Richtung des Druckes nur an der südlichen Wand, was auf ein fortgesetztes Umsetzen des Windes zwischen West und Südwest hinweist.

Der Stärke nach am meisten veränderlich war der Druck durch die westliche und südliche Wand, etwas beharrlicher waren die constant nach aussen gerichteten Ueberdrücke, und am wenigsten schwankte die Kraft, welche durch den Fussboden hereindrückte.

Fig. 240.



Aus diesen Beobachtungen ergiebt sich: Ist eine Wand eines zur ebenen Erde frei gelegenen Wohnraumes dem Winde entgegengewendet, so dringt sowohl durch diese Wand als durch den Fussboden Luft in den Raum ein und erhöht dadurch die Dichtigkeit der Innenluft. Diese sucht durch vier Grenzflächen zu entweichen: nach der Kehrseite, nach den beiden Flanken und durch die Decke.

Den stärksten Ueberdruck erhielt ich im Allgemeinen und durchschnittlich an der Westseite und durch den Boden herein, jedoch stand diesen der von innen nach Norden gerichtete Druck wenig nach, während die nach oben und nach der Kehrseite gerichteten Kräfte schwächer waren.

Für die Summe aus dem grössten nach innen gerichteten Drucke und dem grössten nach aussen gerichteten sollte man annähernd $1{,}37 \frac{v^2 s}{2 g}$ erwarten. Die thatsächlich beobachteten Drücke ergaben aber beträchtlich kleinere Summen. Die Ursache mag in den fortge-

setzten Schwankungen der Richtung und Stärke des Windes liegen. Dass die nach der Kehrseite und nach oben gerichteten Kräfte kleiner waren, erklärt sich daraus, dass das Magazin und der Dachraum, obwohl sehr luftig und offen, doch den Luftstrom etwas stauten, also einer freien Umgebung nicht völlig äquivalent waren.

Die zweite Untersuchung bezog sich auf das ebenfalls ganz freistehende Gebäude der Industrieschule, welches ausser dem Erdgeschoss noch zwei Stockwerke hat und vermöge seiner einfachen Bauart einfache Beziehungen erwarten liess. Der über einen grossen freien Platz herankommende Westwind trifft noch direct auf die südwestlichen Eckzimmer, welche je 5 m breit, 7 m tief, 3,6 m hoch über einander liegen und je zwei Fenster nach Westen und Süden wenden. Der nördliche Theil der Westfront ist durch einen jenseits der Strasse stehenden Bau verdeckt. Im Osten und Norden ist das Haus auf weite Strecken hin frei, im Süden steht, durch einen Hofraum getrennt, in gleicher Flucht das Gebäude der Kreisrealschule.

Die südwestlichen Zimmer sind nicht unterkellert, sie liegen ca. 1 m über der Strasse auf einem terrassenförmigen Aufbau, welcher die nach Norden zu folgende Erhebung des Terrains ausgleichen sollte.

In jedem Stockwerke läuft von Süden nach Norden durch das ganze Gebäude ein Corridor, von welchem Thüren in die westlichen und östlichen Zimmer führen.

Die Untersuchung wurde zunächst auf das südwestlich im Erdgeschoss liegende Zimmer bezogen und mittelst der Manometer und des neben dem Hause auf der Thorsäule aufgestellten Anemometers ebenso ausgeführt wie an der Bauhütte.

Auch hier ergab sich bei starkem West Druck nach innen durch die westliche Wand und durch den Boden, letzterer um so stärker, je tiefer man das Rohr in den Sand der Auffüllung führte. Den stärksten Druck nach aussen erhielt ich an der südlichen Wand, an welcher der Wind vorbeistrich, es folgte der Druck nach dem geschlossenen Corridor und nach oben, in das geschlossene Zimmer des ersten Obergeschosses, während in das nach Norden anstossende Nebenzimmer hinein nur sehr geringe, um 0 schwankende Ueberdrücke beobachtet wurden.

Die merkwürdigste dieser Erscheinungen war der starke Ueberdruck nach oben, der hier um so weniger erwartet wurde, als, nach dem Geräusche zu schliessen, das obere Zimmer vom Winde noch stärker angegriffen wurde, als das untere, und alle übrigen Verhältnisse gleich schienen.

Um diese Merkwürdigkeit noch handgreiflicher zu zeigen, liess ich einen verticalen Kanal von 20 cm Durchmesser durch den Zwischenboden führen, und nun konnte man in demselben bei geschlossenen Fenstern und Thüren einen Luftstrom messen, dessen Geschwindigkeit bei 10 m äusserer Windgeschwindigkeit bis zu 2 m anwuchs. Als beide Geschwindigkeiten neben einander registrirt wurden, ergab sich vollständige Proportionalität.

Die im oberen Zimmer ausgeführten Messungen gaben ein vollständig analoges Resultat. Druck von Westen und von unten, Druck nach Osten in den Corridor, nach oben in den darüber liegenden Zeichensaal und nach Süden; in der Richtung nach Norden wurde keine Messung gemacht. Der Druck nach Süden war erheblich stärker als im Erdgeschoss, und in einem einmal rechtwinklig abgebogenen Rohre von 20 cm Durchmesser, welches aus dem oberen Zimmer nach Süden führte und mit der Hauswand bündig abschloss, wurde bei 8 m äusserer Windgeschwindigkeit ein Strom von 3 m Geschwindigkeit gemessen, der aus dem vollständig abgeschlossenen Zimmer nach aussen zog. Es drückte demnach der Wind durch die westliche Wand und den Zwischenboden stündlich mindestens $^2/_3\,(0,1)^2\pi \cdot 3 \cdot 3600$ oder 226 cbm Luft herein, abgesehen von dem, was nach oben und nach dem Corridor entwich.

Die über den Corridor durch ein östliches Zimmer bis ins Freie fortgesetzte Messung ergab einen fortgesetzten Druckfall, der sich innerhalb der Mauern vollzieht, wie aus Fig. 241 ersichtlich. Auch hier war die gesammte manometrische Druckdifferenz zwischen dem Stauungsdrucke gegen die westliche Hauswand und der freien Luft auf der Ostseite des Gebäudes etwas kleiner als 1,37 J, was ich dem Umstande zuschreibe, dass das von 10 zu 10 Secunden beobachtete Manometer gegen die Schwankungen der Windstärke und Richtung empfindlicher ist, als das Robison-Anemometer, dessen Schalenkreuz vermöge seines grossen Trägheitsmomentes die einmal erlangte Geschwindigkeit länger behält, als der Wind, und auf alle Windrichtungen gleichmässig reagirt.

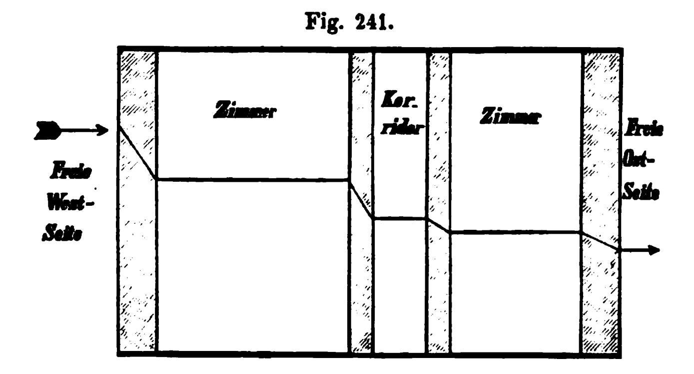
Die Fig. 241 stellt das beobachtete Gefälle des Winddruckes für den Fall, dass der Wind mit 8 bis 9 m Geschwindigkeit gegen die Westseite bläst, in dreifacher Vergrösserung dar. Der Corridor ist nicht abgeschlossen, sondern mit dem Stiegenhaus in offener Verbindung.

Das, wie mir scheint, bemerkenswertheste Resultat dieses zweiten Versuchs ist, dass der Wind nicht nur in seiner Richtung und seitlich wirkt, sondern auch einen aufwärts gerichteten Luftstrom von

erheblicher Stärke durch das Gebäude treibt. Zur Erklärung dieser Erscheinung wird man annehmen, dass unten, in der Nähe des Bodens, wo in Folge der vielfachen Reibungen und Stauungen die Geschwindigkeit des Stromes kleiner ist als oben, die Dichtigkeit entsprechend dem Geschwindigkeitsverluste zunimmt, so dass die unteren Zimmer seitlich weniger entlastet werden, als die oberen, an welchen der dünnere Wind mit grösserer Geschwindigkeit vorbeiströmt, während der über das Haus oben hinweggehende Strom auf die oberste Deckung ebenso wirken muss, wie der vorbeiziehende Wind auf die Seitenwände.

Ein ähnliches Bild von dem Gefälle des Winddruckes in horizontaler Richtung lässt sich aus der Arbeit gewinnen, welche Dr.

Fig. 241.



V. Budde[1]) jüngst veröffentlicht hat. Am 30. Januar (1892) als WNW mit 14 m Geschwindigkeit gegen das Haus wehte, in welchem das Versuchszimmer sein Fenster nach SSW kehrt, war dieses Zimmer, nach allen Seiten abgeschlossen, nur den natürlichen Luftströmungen überlassen. Es wurde manometrisch gemessen: 1 mm Ueberdruck von der freien Luft vor dem Fenster in das Zimmer und 1,4 mm Ueberdruck aus dem Zimmer nach der Kehrseite des Hauses (Centralhof). Später analog 1 mm und 2,1 mm. An den zwei Tagen, an welchen Westwind herrschte, war künstlich, durch eine Absaugevorrichtung, im Zimmer Unterdruck hergestellt. Die Wirkung des Windes zeigte sich dann dadurch, dass der Ueberdruck von der Windseite den Ueberdruck aus dem Centralhofe (Kehrseite) um so mehr übertraf, je stärker der Wind war. Analog bei SSW, während

1) Versuche über die Verunreinigung der Luft in bewohnten Räumen durch undichte Fussböden bei verschiedenen Modalitäten der Lufterneuerung. Von Dr. V. Budde in Kopenhagen. Zeitschrift für Hygiene. Bd. XII. 1892. S. 227—246.

bei Nordwind sich die Verhältnisse umkehrten. Der Strom, den der Wind von unten nach oben veranlasste, wurde nicht nachgewiesen. Im Allgemeinen eignen sich indessen Wintertage, an welchen das Haus erheblich wärmer ist als seine Umgebung, nicht zum Studium der Windwirkung, weil sich dieselben dann mit den Effecten der Temperaturdifferenz vermischen.

§ 19. Gesetze, nach welchen die Luftbewegungen mit den sie erzeugenden Kräften zusammenhängen.

Am einfachsten ist der Zusammenhang, wenn Luft durch die Poren der Steine, des Holzes, durch Sand, trockene Erde oder auch durch schmale Ritzen und Fugen hindurchgetrieben wird, wie sie an den geschlossenen Fenstern und Thüren der Gebäude bestehen. Alle diese Luftwege können als Systeme capillarer Röhren gelten, und hierfür gilt das Gesetz, dass die Menge der Luft, welche in der Zeiteinheit durch eine capillare Röhre oder durch ein bestimmtes System von capillaren Röhren hindurchgetrieben wird, dem hierzu aufgewendeten Drucke direct proportional ist.

Fragt man nach der Luftmenge, welche durch ein bestimmtes Stück Baumaterial, z. B. einen Ziegelstein, ein Brett oder auch durch einen Theil eines ausgeführten Baues, z. B. eine ganze Aussenwand, eine Zwischenwand, einen Zwischenboden in einer Stunde hindurchgeht, so genügt zur Beantwortung dieser Frage zu wissen:

1. Wieviel Luft (L) durch dasselbe Stück hindurchgeht, wenn der Luftdruck auf der einen Seite um 1 mm Wasser grösser ist als auf der anderen.

2. Wie gross der zur Zeit vorhandene Ueberdruck (p) in mm Wasser oder $\frac{kg}{qm}$ ist.

Dann ist das Product pL die fragliche Luftmenge.

Die Grösse L heisst das Lüftungsvermögen des Stückes. Sie wird auf die Stunde als Zeiteinheit und das $\frac{kg}{qm}$ als Druckeinheit bezogen und selbst in Cubikmetern[1]) ausgedrückt.

---

1) Die Genauigkeit verlangt hier, dass die Angaben auf normale Cubikmeter reducirt werden. Hat man bei t° C und B mm Barometerstand eine Durchlässigkeit D′ cbm gefunden, so ist die wirkliche Durchlässigkeit

$$D = D' \frac{B}{760} \cdot \frac{1}{1 + 0{,}00367\, t}.$$

Das Lüftungsvermögen (L) ist sehr nahe verwandt mit dem wichtigen Begriffe der Durchlässigkeit (D). Das Lüftungsvermögen wird erhalten, wenn man die Durchlässigkeit mit dem in Quadratmetern ausgedrückten, zur Richtung der Luftbewegung senkrechten Querschnitte des Stückes multiplicirt. Bezeichnet man diesen Querschnitt mit q, so ist

$$L = qD \text{ und } D = \frac{L}{q}.$$

Man versteht demnach unter der (mittleren) Durchlässigkeit einer Wand die in normalen Cubikmetern ausgedrückte Luftmenge, welche von 1 mm manometrischem Ueberdruck durchschnittlich durch ein Quadratmeter der Wand in der Stunde hindurchgetrieben wird.

Will man von der Durchlässigkeit eines homogenen Materials, z. B. einer Steinart, des Mörtels, des Sandes sprechen, so muss man auch die Dicke desselben in Rechnung ziehen, weil dieser Dimension unter sonst gleichen Umständen die durchgelassene Luftmenge umgekehrt proportional ist. Hingegen bleibt bei Mauern und Zwischenböden die Dicke besser unberücksichtigt, weil sie gegenüber der Herstellungsweise dieser Wände eine untergeordnete Rolle spielt und mithin eine unfruchtbare Complication in die Betrachtung bringen würde.

Man versteht demnach unter der Durchlässigkeit eines Materials die in normalen Cubikmetern ausgedrückte Luftmenge, welche ein aus dem Material gebildeter Würfel von 1 m Seite unter dem Ueberdrucke von 1 mm Wasser in der Stunde durchlässt (die vier dem Luftstrome parallelen Flächen sind als undurchlässig gedacht).

Nennt man e die in Metern ausgedrückte Dicke des Materials, so würde ein Stück von der Durchlässigkeit D und vom Querschnitte q bei dem Ueberdrucke p in der Stunde durchlassen

$$A = \frac{pqD}{e} \text{ Cubikmeter.}$$

Um solche Berechnungen für ein Material ausführen zu können, muss man seine Durchlässigkeit D kennen.

Carl Lang[1]) hat für eine Reihe von Materialien die Durchlässigkeiten (die von ihm so genannten und S. 81 seines Buches mit c bezeichneten Permeabilitäts-Constanten) ermittelt, welche, da Lang die Luftmengen in Litern (statt wie hier in Cubikmetern) angiebt, das

1) Carl Lang, Ueber natürliche Ventilation und die Porosität von Baumaterialien. Stuttgart, Meyer & Zeller. 1877.

Tausendfache dessen betragen, was hier unter D verstanden wird. Ich theile einige dieser Zahlen mit, weil sie die Grundlage für die folgenden wichtigen Schlüsse bieten sollen.

Material	1000 D.
Grünsandstein	0,124
Kalktuffstein	7,980
. . . .	. . . . .
Ziegel	0,087 bis 0,383
(Mittel aus 4 Sorten 0,201)	
Schlackensteine englische feinkörnige	2,633
„ von Zuffenhausen	4,169 bis 6,657
(Mittel aus 4 Sorten 5,514)	
Cendrinquader (Mittel aus 3 Mustern)	1,327
Luftmörtel	0,907
Beton	0,258
Portland-Cement	0,137
Gyps (gegossen)	0,041
Fichtenholz über Hirn	1,010

Das Durchlässigste der untersuchten Materialien ist demnach Kalktuffstein, dessen tausendfache Durchlässigkeit zu 8 angenommen werden kann. Eine Wand von solchem Stein, welche 6 m breit, 4 m hoch und 0,2 m dick ist, würde unter einem Ueberdrucke von 0,3 mm Wasser in der Stunde durchlassen

$$A = \frac{0,3 \,.\, 6 \,.\, 4 \,.\, 0,008}{0,2} = 0,288 \text{ cbm Luft.}$$

Denkt man sich aber eine Mauer aus solchen Steinen unter Anwendung von Mörtel hergestellt, und nimmt an, dass 1/10 des Querschnitts mit Mörtel ausgefüllt sei, so würde sich die Luftmenge zu

$$\frac{0,3\,(21,6 \,.\, 0,008 + 2,4 \,.\, 0,0009)}{0,2}$$

oder 0,262 cbm berechnen.

Das Lüftungsvermögen einer solchen Mauer berechnet sich zu 10/3 dieses Wertes oder 0,873 cbm.

Eine ununterbrochene Gypsschichte von 1 mm Dicke, auf einer Zimmerdecke von 25 qm aufgetragen, lässt unter dem gleichen Drucke durch

$$\frac{0,3 \,.\, 25 \,.\, 0,000041}{0,001} \quad \text{oder} \quad 0,307 \text{ cbm,}$$

während eine nur ebenso dicke Mörtelschichte die 22fache Luftmenge durchlassen würde, also erst bei 22facher Dicke dem Luftdurchgange ein gleich grosses Hinderniss bieten würde wie der Gyps.

Treten Schichten von verschiedener Durchlässigkeit hinter

einander auf, so wirkt die zweite wie eine Vergrösserung der Dicke der ersten bei gleicher Durchlässigkeit. Die entsprechende Dicke x, welche statt der wirklichen Dicke e_2 der neu hinzugekommenen Schicht von der Durchlässigkeit D_2 zu setzen ist, damit dieselbe blos wie eine Verdickung der ersten Schicht von der Durchlässigkeit D_1 wirkt, ergiebt sich aus der Proportion

$$D_2 : D_1 = e_2 : x$$

welche sagt, dass äquivalente Dicken sich verhalten müssen, wie die Durchlässigkeiten.

Beispiel. Die Tuffsteinmauer hat eine mittlere Durchlässigkeit von der Grösse

$$D_1 = \frac{21{,}6 \,.\, 0{,}008 + 2{,}4 \,.\, 0{,}0009}{24} = 0{,}0073$$

Wird dieselbe mittelst einer Mörtelschichte von 1 cm Dicke verputzt, so ist die Dicke 0,01 der Mörtelschichte von der Durchlässigkeit $D_2 = 0{,}0009$ auf eine andere Dicke x zu reduciren, welche ein Material von der Durchlässigkeit 0,0073 haben müsste, um der Luft das gleiche Hinderniss zu bieten, wie die Mörtelschicht.

Diese Dicke x folgt aus

$$0{,}0009 : 0{,}0073 = 0{,}01 : x$$

$$x = 0{,}01 \,.\, \frac{73}{9} = 0{,}081 \text{ m}$$

Nun berechnet sich das Lüftungsvermögen der verputzten Mauer

$$L = \frac{24 \,.\, 0{,}0073}{0{,}2 + 0{,}081} = 0{,}623,$$

und die bei 0,3 mm Ueberdruck stündlich hindurchgehende Luftmenge zu 0,3 L oder 0,187 cbm. (Ohne Verputz 0,262 cbm.)

Diese Rechnungen waren auszuführen, um eine deutliche Vorstellung von den Luftmengen zu erhalten, welche Mauern durchlassen würden, wenn sie als stetiges, nirgends von Sprüngen, Lücken, Rissen unterbrochenes Material anzusehen wären.

§ 20. Experimentelle Bestetigung des Gesetzes und Messung der Durchlässigkeit.

Dieselbe ist in Fig. 242 schematisch dargestellt. Eine grosse Wasserflasche von wenigstens 4 Liter Inhalt ist unten mit einem Tubulus versehen. In diesem steckt ein einmal durchbohrter Gummipfropf, in der Bohrung ein kleiner Hahn *t*. Der Hals der Flasche ist mittelst eines zweimal durchbohrten Gummipfropfes geschlossen.

In jeder Bohrung steckt ein Hahnstück *d, e,* an welches ein Schlauch angesetzt werden kann. Der eine Schlauch *c* führt zu dem Versuchsstück *U*, der andere zu einem Manometer. Im Besitze eines Differenzialmanometers wird man dieses einschalten.

Zunächst ist *t* geschlossen, *d* und *e* offen, ebenso der Verschluss des Manometers, damit dessen Nullpunkt abgelesen werden kann. Nun schliesst man das Manometer und öffnet

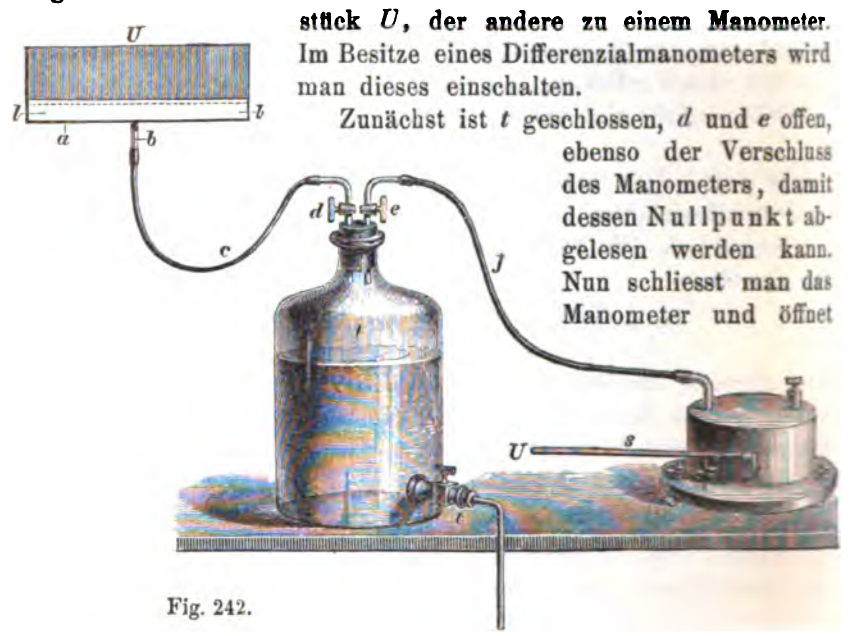


Fig. 242.

vorsichtig den Hahn *t* so weit, bis das Manometer diejenige Druckdifferenz anzeigt, bei welcher man arbeiten will.

Sobald das Manometer einen festen Stand zeigt, kann man das Maassgefäss unterstellen und gleichzeitig anfangen, die Zeit zu zählen. Das Volumen des aufgefangenen Wassers ist dem Volumen der durch das Versuchsstück gegangenen Luft gleich.

Hat man auf diese Weise in t Stunden M cbm Wasser erhalten, während p der am Manometer abgelesene Ueberdruck (in verticalen Millimetern Wasser) und q der Querschnitt des Versuchsstückes in Quadratmetern, e dessen Dicke in Metern war, so findet man aus

$$M = \frac{pqD}{e} t$$

die gesuchte Durchlässigkeit des Materials

$$D = \frac{eM}{pqt}.$$

Es ist nur noch eine Bemerkung über das Versuchsstück zu machen. Ist es fest, so giebt man ihm die Form eines geraden Parallelepipeds, bestreicht die vier Seitenflächen mit einer luftdichten Schmiere (nach PETTENKOFER mit venetianischem Terpentin) und

passt von unten her eine Fassung von Zinkblech so an, dass zwischen der Grundfläche des Versuchsstückes und dem Boden der Fassung noch 1 bis 2 cm Raum bleibt. Arbeitet man mit geringen Ueberdrücken, so kann man den Widerstand, den die Luftbewegung in der Leitung bd erfährt, vernachlässigen.

Ich habe im Jahre 1878 mittelst dieses Verfahrens die Durchlässigkeit eines Ziegelsteines geprüft, der vorher zu dem bekannten PETTENKOFER'schen Versuche gedient hatte, bei welchem man durch einen Stein hindurch ein Licht ausbläst, und erhielt folgende Resultate:

Ueberdruck in mm Wasser	Liter in der Stunde	Für 1 mm Ueberdruck berechnet
0,64	0,061	0,095
0,62	0,056	0,090
2,55	0,245	0,096
2,52	0,242	0,096
1,17	0,112	0,096

Daraus folgt 1. die Richtigkeit des Gesetzes von der Proportionalität der durchgedrückten Luftmenge mit dem aufgewendeten Drucke, insofern sich aus diesen Versuchen die von 1 mm Wasserdruck hindurchgetriebene Menge überall nahezu gleich gross berechnet. Im Mittel erhält man 0,0946 Liter in der Stunde. 2. Da der Stein 30 cm lang, 15 cm breit, 7 cm dick war, berechnet sich

$$D = \frac{0{,}07 \,.\, 0{,}0000946}{1 \,.\, 0{,}045} = 0{,}000147$$

also $1000\,D = 0{,}147$, von der gleichen Ordnung wie die Zahlen LANG's, der für 1000 D bei verschiedenen Ziegelsteinen Werthe zwischen 0,087 und 0,383 gefunden hat.

§ 20a.

Es scheint einer Erklärung bedürftig, wie es möglich ist, durch einen Stein von so geringer Durchlässigkeit ein Licht auszublasen.

Durch Blasen kann man leicht einen Druck von 120 mm Quecksilber hervorbringen, das sind 1632 mm Wasser. Folglich bläst man durch den Ziegelstein in der Secunde

$$\frac{0{,}0946 \,.\, 1632}{3600} = 0{,}043 \text{ Liter.}$$

Man bläst gegen das Licht durch ein Glasröhrchen mit enger Oeffnung. Nimmt man diese Oeffnung zu 3 qmm an, so hat der Luftstrom eine Geschwindigkeit v, die sich berechnet aus

$$0{,}000003 \,.\, v = 0{,}000043 \text{ cbm.}$$

Es folgt:

$$v = \frac{43}{3} \text{ oder } > 14 \text{ m.}$$

Es zweifelt Niemand, dass man mit einem Luftstrahle von 2 mm Durchmesser und 14 m Geschwindigkeit ein Licht ausblasen kann. Dasselbe würde wohl auch noch mittelst eines Strahles von 3 mm Dicke und 6—7 m Geschwindigkeit gelingen. Doch müssen die Luftstrahlen geschickt, d. h. unten applicirt werden.

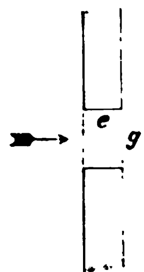
§ 21. *Gesetz der freien Strömung.*

Ist in der Wand, welche zwei Luftmassen trennt, eine Oeffnung, die nicht mehr als capillar gelten kann, und besitzt die Luft diesseits der Oeffnung einen constanten Ueberdruck von der Grösse p über die jenseits befindliche, so strömt die Luft durch die Oeffnung mit einer Geschwindigkeit $v \left(\frac{m}{Sec.}\right)$, welche sich aus der Gleichung

$$v = \sqrt{\frac{2g\,p}{s}}$$

berechnet, in welcher g die Fallbeschleunigung (9,8 m) und s das Gewicht eines Kubikmeters der strömenden Luft bezeichnet.

Fig. 243.



Diese Gleichung, welche für alle Fälle genügt, in welchen nicht infolge des mit der Stromentwicklung verbundenen Arbeitsaufwandes eine merkliche Temperaturerniedrigung eintritt — sicher bis zu Geschwindigkeiten von 20 m —, lässt sich durch folgende einfache Betrachtung ableiten.

Man denkt sich die Luft links in Ruhe und die Geschwindigkeit auf dem Wege durch die Oeffnung entwickelt.

Sei q der Querschnitt der Oeffnung, e die Dicke der Wand, so ist (qe) cbm das Volumen,

$$(qe)\,s \text{ kg}$$

das Gewicht des in der Oeffnung befindlichen Luftcylinders. Soll derselbe die Geschwindigkeit v erhalten, so ist die Arbeit

$$\frac{v^2}{2g}\,q\,e\,s$$

erforderlich. Diese Arbeit muss die Kraft $p \frac{kg}{qm}$ leisten, von welcher auf den Querschnitt q der Theil pq trifft. Der Kraft pq steht der Weg e zur Verfügung. Somit gilt die Gleichung

$$pqe = \frac{v^2}{2g}\,qes,$$

aus welcher sich qe eliminirt und das Obige erhalten wird.

Die Richtigkeit des Gesetzes wird für die gewöhnlich vorkommenden kleinen Geschwindigkeiten am besten dadurch nachgewiesen, dass man einen zwei bis drei Meter hohen Kasten, der sowohl aus porösem Material als aus Blech angefertigt sein kann und in einer verticalen Wand unten und oben je eine durch Schieber verschliessbare Oeffnung von 15×15 qcm hat, innen durch Gasflammen heizt und in die Mitte der unteren Oeffnung das Anemometer hält, während zugleich das Manometer beobachtet wird, von welchem ein Schlauch an einen windstillen Ort im Niveau der Oeffnung geführt ist. Das Manometer ist für diesen Zweck auf höchste Empfindlichkeit zu stellen und die auf S. 579 angegebene Methode der Elimination des Nullpunktes anzuwenden.

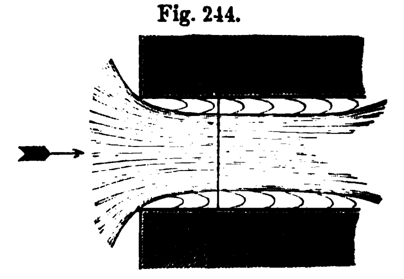
§ 22. *Geförderte Luftmenge.*

Man ist geneigt, aus dem zweiten Gesetze den Schluss zu ziehen, dass die in der Secunde durch die Oeffnung q strömende Luftmenge

$$qv = q\sqrt{\frac{2gp}{s}} \text{ cbm}$$

betrage. Indessen ist hier einige Vorsicht anzuwenden, weil der Luftstrom, der sich in eine Oeffnung entwickelt, im Allgemeinen nicht aus Luftfäden besteht, welche der Hauptrichtung (Axe) parallel sind, sondern ähnlich dem aus einer Oeffnung in dünner Wand ausfliessenden Wasserstrahle eine kegelförmige Gestalt annimmt (Fig. 244). Es rührt diese Erscheinung daher, dass der Druck p nicht einfach in der Richtung der Axe, sondern auch seitlich hereinwirkt. Die Folge davon ist, dass in einem Querschnitte wie *AB* die Geschwindigkeit von der Mitte gegen den Rand zu etwas zunimmt, dann aber plötzlich abfällt und in einem äussersten Ringe sogar rückwärts gerichtet ist. Es fliesst die Luft ebenso in die Oeffnung, wie das Wasser durch den Bogen einer Brücke: Hinter dem Pfeiler entsteht ein langer Wirbel von dem gleichen Sinne der Drehung wie die vielen kleinen Wirbel, welche sich am Rande der starken Strömung bilden.

Fig. 244.



Infolge dieser Contraction des Luftstromes ist die mittlere Geschwindigkeit im Querschnitt q erheblich kleiner als die Geschwindigkeit in der Mitte und ungefähr $^2/_3$ derselben.

Man wird demnach die Menge der in der Secunde durch den Querschnitt q strömenden Luft zu

$$^2/_3\, qv \text{ oder } ^2/_3\, q \sqrt{\frac{2gp}{s}} \text{ cbm}$$

annehmen. Will man einen höheren Betrag und gleichmässigere Vertheilung der Geschwindigkeit über den Querschnitt, so hat man vor der Einströmungsöffnung einen Trichter anzubringen, dessen Form sich der Gestalt des eintretenden Luftstromes anpasst. Man erhält einen solchen schon durch blosse Abrundung der scharfen Kanten und vermehrt meinen Versuchen gemäss dadurch die einströmende Luftmenge um 16 Proc. Die vortheilhafteste Form der Einmündung ist noch zu ermitteln.

Für das praktische Bedürfniss genügt es, die mittlere Geschwindigkeit im Querschnitt q auf 5 Proc. genau zu kennen, d. h. man darf Fehler bis zu $4^1/_2$ Proc. bei den Messungen wohl erwarten und zugestehen.

Daraus ergeben sich gewisse Vereinfachungen der Rechnung. Das Gewicht s eines Cubikmeters Luft variirt allerdings bedeutend mit Temperatur und Barometerstand, da es z. B. bei — 20° C. und 760 mm Bar. 1,395, hingegen bei + 30° C. und 700 mm nur 1,073 beträgt. Nimmt man aber den Mittelwerth 1,225 an, welcher z. B. für 0° C. und 720 mm, und auch für 10° C. und 746 mm gilt, so wird für g = 9,8 m

$$\sqrt{\frac{2g}{s}} = 4$$

und die aus der sehr vereinfachten Formel

$$v = 4\sqrt{p}$$

berechneten Geschwindigkeiten weichen erst in den beiden extremen Fällen, welche oben aufgeführt wurden, um ca. 7 Proc. von den genau berechneten Werthen ab.

Dieselbe vereinfachte Formel

$$p = \frac{v^2}{16}$$

kann auch zur annähernden Schätzung des Ueberdruckes dienen, durch welchen eine gegebene Geschwindigkeit v erzeugt werden kann. Jedoch ist hier die Ungenauigkeit erheblich grösser, da p dem s direct proportional ist.

Zur genaueren Rechnung dient die folgende Tabelle mit doppeltem Eingang, in welcher für Geschwindigkeiten (v) von 0 bis 4 m und Luftdichtigkeiten (s) von 1,04 (700 mm, 40°) bis 1,40 (763 mm, — 20° C.) die entsprechenden Kräfte (p) eingetragen sind.

Tabelle der Werthe von $\frac{v^2 s}{2g}$.

v(m)	s = 1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	Differenzen in Einheiten der letzten Decimale
0,1	0,00051	0,00056	0,00061	0,00066	0,00071	5
0,2	0,00204	0,00224	0,00245	0,00266	0,00286	20
0,3	0,00459	0,00505	0,00550	0,00596	0,00642	46
0,4	0,00816	0,00898	0,00979	0,01061	0,01143	82
0,5	0,0127	0,0140	0,0153	0,0165	0,0178	13
0,6	0,0184	0,0202	0,0220	0,0238	0,0257	18
0,7	0,0250	0,0275	0,0300	0,0325	0,0350	25
0,8	0,0326	0,0359	0,0391	0,0424	0,0457	33
0,9	0,0413	0,0454	0,0496	0,0536	0,0578	41
1,0	0,0510	0,0561	0,0612	0,0662	0,0713	51
1,1	0,0617	0,0678	0,0740	0,0801	0,0863	61
1,2	0,0734	0,0807	0,0881	0,0954	0,1027	73
1,3	0,0861	0,0946	0,1031	0,1116	0,1201	85
1,4	0,100	0,110	0,120	0,130	0,140	10
1,5	0,115	0,126	0,138	0,149	0,161	11
1,6	0,130	0,143	0,157	0,170	0,183	13
1,7	0,147	0,162	0,177	0,191	0,206	15
1,8	0,165	0,181	0,198	0,214	0,231	16
1,9	0,184	0,202	0,221	0,239	0,258	18
2,0	0,204	0,224	0,245	0,265	0,285	20
2,2	0,247	0,272	0,296	0,320	0,345	25
2,4	0,294	0,323	0,352	0,381	0,411	29
2,6	0,344	0,378	0,413	0,447	0,482	34
2,8	0,400	0,440	0,480	0,519	0,559	40
3,0	0,459	0,504	0,550	0,596	0,642	46
3,2	0,522	0,574	0,626	0,678	0,731	52
3,4	0,589	0,648	0,707	0,766	0,825	59
3,6	0,661	0,727	0,793	0,859	0,925	66
3,8	0,736	0,809	0,883	0,956	1,030	74
4,0	0,815	0,897	0,979	1,060	1,142	82

§ 23. *Messung der Geschwindigkeit mittelst des Anemometers.*

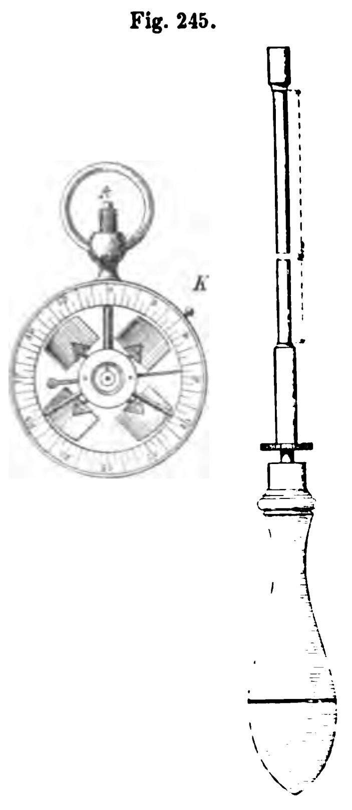
Jede Geschwindigkeitsmessung, welche zur Prüfung einer Ventilationsanlage gemacht wird, will ermitteln, wie gross unter den Umständen (p), welche zur Zeit der Prüfung maassgebend sind, die Stärke der Strömung bei vollkommen freier Oeffnung, also dann ist, wenn das zur Prüfung benutzte Messinstrument nicht im Kanal angebracht ist. Daraus folgt als erste Regel: Das Messinstrument soll den Querschnitt nicht so weit verengen, dass dadurch eine wesentliche Aenderung der freien Stromgeschwindigkeit hervorgebracht wird.

Scheint dieses unvermeidlich, dann ist an der Messung eine Correctur anzubringen, deren Grösse durch Versuche zu ermitteln ist.

Die gebräuchlichen Anemometer-Constructionen unterscheiden sich nach dem Zwecke, zu dem sie bestimmt sind, in statische, welche die in einem bestimmten Zeitmomente vorhandene Strom-

geschwindigkeit angeben sollen, also auch den Gang ihrer Veränderung beobachten lassen, und laufende (kinetische), welche aus der Anzahl der Umdrehungen eines vom Luftstrome getriebenen Flügelrades auf die mittlere Geschwindigkeit schliessen lassen, welche der Strom während der Versuchsdauer hatte.

Fig. 245.



Man sieht auf meteorologischen Stationen beide Arten in Thätigkeit, die erstere als vertical hängende „Windstärketafel“, die zweite als ein mit vier Halbkugelschalen ausgerüstetes horizontales Kreuz (Robison-Anemometer).

Die statischen Anemometer können als Tascheninstrumente des Ingenieurs zur Orientirung über die augenblickliche Leistung einer Lüftungsanlage dienen, insbesondere aber sind sie werthvoll als Einsätze in Lüftungskanäle zur ständigen Controle ihrer Wirksamkeit.

Fig. 245 zeigt in $1/2$ der natürlichen Grösse ein von mir angegebenes statisches Taschenanemometer, in welchem eine Uhrfeder (Spirale) dem Drehungsmomente des Winddruckes das Gleichgewicht hält. Man liest an dem Zeiger die Anzahl (n) der Winkelgrade ab, um welche das Flügelrad gedreht ist, und berechnet die Geschwindigkeit v der Strömung aus der Formel

$$v = a \sqrt{n}$$

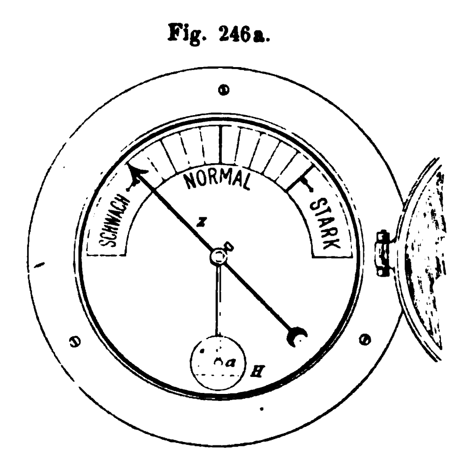
wobei a eine dem Instrumente eigenthümliche Constante ist.

Durch einen besonderen, mit dem Halter in Verbindung stehenden Mechanismus A lässt sich das Flügelrad jederzeit arretiren und durch einen Gegendruck auf den Knopf K wieder auslösen. Dadurch wird die Messung an Stellen ermöglicht, an welchen der Beobachter die Scala nicht sehen kann. Will man an einer solchen Stelle nicht die augenblicklich, im Moment der Arretirung, stattfindende Geschwindigkeit, sondern einen Mittelwerth, so wird man die Einstellung wiederholen.

Aus Fig. 246a u. 246b erkennt man die Einrichtung eines zur ständigen Controle in verticale Lüftungskanäle einzusetzenden Instru-

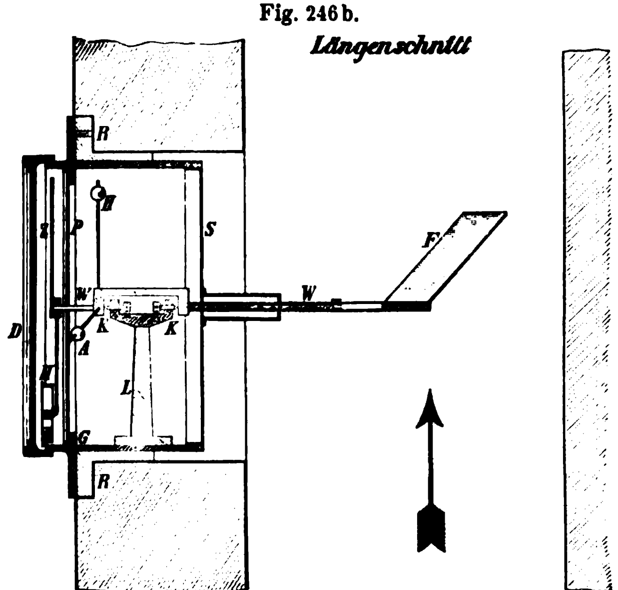
mentes, welches dem Ingenieur HERMANN RECKNAGEL patentirt ist. Dasselbe ist im Wesentlichen eine horizontal ausbalancirte Windstärketafel F von Aluminium, welche durch den Winddruck nach oben oder unten gedreht wird, bis diesem das entgegengesetzte Moment eines durch die Drehung gehobenen Gewichtes H das Gleichgewicht hält. Dasselbe ist an einem zur Tafel senkrechten Arme befestigt. Durch Verschiebung des Gewichtes H lässt sich die Empfindlichkeit des Apparates ändern, so dass der „normale" Stand des Zeigers jeder bestimmten, im Lüftungskanale gewünschten Stromstärke angepasst werden kann, und jede Abweichung von der normalen Stärke an dem Zifferblatte abgelesen wird.

Fig. 246a.



Ein zur Messung mittlerer Geschwindigkeiten geeignetes Instrument zeigt in natürlicher Grösse Fig. 247 S. 607. Die Rotationsgeschwindigkeit des Flügelrades passt sich der Geschwindigkeit des Luftstromes in der Weise an, dass die Anzahl (n) der vom Flügelrade in der Zeiteinheit gemachten Umdrehungen mit der Geschwindigkeit (v) durch die lineare Gleichung

Fig. 246b.



$$v = a + bn$$

zusammenhängt, wobei a und b Constante sind, welche von den Dimensionen des Rades und der Winkelstellung seiner Flügel abhängen.[1])

Ausserdem ist a — die Empfindlichkeitsconstante — von der Axenreibung wesentlich beeinflusst, wie schon daraus hervorgeht, dass a diejenige Windgeschwindigkeit vorstellt, welche gerade hinreicht, eine, wenn auch noch so langsame Drehung des Rades zu unterhalten.

Man pflegt die Constanten a und b dadurch zu bestimmen, dass man das Anemometer auf einem Rotationsapparate, an dem Ende eines 1½—2 m langen Armes befestigt und in ruhiger Luft im Kreise herumführt. Als mittlere Geschwindigkeit des Luftstromes gilt der in der Zeiteinheit zurückgelegte Weg der Axe des Flügelrades, die entsprechende Anzahl von Umdrehungen wird am Anemometer abgelesen. Man macht also bei dieser Art der Aichung die Annahme, dass das mit der Geschwindigkeit v durch ruhende Luft bewegte Instrument ebenso viel Umdrehungen macht, wie wenn es selbst still steht und die Luft mit der Geschwindigkeit v gegen das Anemometer strömt.

Zur Bestimmung der beiden Unbekannten a und b hat man mindestens zwei Gleichungen, also zwei Versuche bei verschiedener Geschwindigkeit nöthig.

Zur Begründung des oben behaupteten Einflusses der Reibung auf die Constante a sollen hier zwei Aichungen mitgetheilt werden, welche ich an einem und demselben Instrumente vorgenommen habe.

1. Das Instrument war lange Zeit unbenutzt gestanden, nachdem es vorher zu Messungen in staubiger Luft gedient hatte.

Geschwindigkeit: Meter	Anzahl der Umdrehungen in der Secunde:
$v_1 = 0,457$	$n_1 = 0,872$
$v_2 = 1,028$	$n_2 = 4,650$

Aus den beiden Gleichungen

$$0,457 = a + b\,0,872$$
$$1,028 = a + b\,4,650$$

berechnet sich

$$a = 0,325$$
$$b = 0,151$$

1) Nach der Theorie von Combes [Annales des mines (3) XIII. p. 103. 1838] ist $b = 2\varrho\pi \tan\varphi$, wobei ϱ den Abstand der Schaufelmitte von der Axe und φ den Winkel bezeichnet, um welchen die Schaufel aus der Ebene der Speichen gedreht ist. Vergl. meine Abhandlung in den Annalen der Physik u. Chemie. Neue Folge. Bd. IV. S. 14[illegible]. 1878.)

2. Das Instrument wurde gereinigt und die Axe frisch geölt (mit Nähmaschinenöl). Es folgten die Versuche:

$$v_1 = 0{,}458 \qquad n_1 = 1{,}783$$
$$v_2 = 1{,}331 \qquad n_2 = 7{,}733$$

woraus

$$a = 0{,}196, \; b = 0{,}147$$

folgt. Es ist bemerkenswerth, dass der Werth von b (der Theorie gemäss) durch die Reinigung und Oelung nicht merklich beeinflusst wurde, während sich a auf 60 Proc. seines früheren Werthes reducirte.

Bei der Construction des abgebildeten Anemometers war beabsichtigt, dasselbe von beiden Seiten möglichst symmetrisch zu gestalten, damit die gleiche Formel angewendet werden kann, ob der Luftstrom über das Zifferblatt weg auf das Flügelrad trifft oder umgekehrt.

Während die obigen beiden Prüfungen sich auf den letzteren Fall beziehen, erhielt ich über das Zifferblatt weg:

$$v_1 = 0{,}343 \qquad n_1 = 0{,}833$$
$$v_2 = 1{,}115 \qquad n_2 = 6{,}17$$

woraus

$$a = 0{,}222, \; b = 0{,}145$$

folgt. Es ist somit eine kleine Zunahme des Werthes von a bemerklich, während b auch hier seinen früheren Werth behauptet.

Um die durch das Instrument erfolgende Querschnittsverengung zu messen, habe ich in Verbindung mit R. Emmerich im April 1889 in der Gasanstalt zu München folgenden Versuch ausgeführt.

An das Gasometer, mittelst dessen die Anstalt die Gasuhren aicht, wurde durch Vermittelung eines Kautschukschlauches und eines Systems cylindrischer und konischer Röhren ein cylindrisches



Fig. 247.

Rohr von 500 mm Länge und 100 mm Durchmesser angesetzt und vor dieses Rohr ein Trichter gesteckt, der die Geschwindigkeit gleichmässig über den Querschnitt vertheilen sollte.

Hierauf wurden durch mehr oder minder rasches Aufziehen des Gasometers Luftströme von verschiedener Geschwindigkeit durch das Röhrensystem eingesaugt und mittelst des hineingehaltenen Anemometers in der Weise gemessen, dass jedesmal 5 Beobachtungen (vier am Rande und eine in der Mitte) zu einer Messung vereinigt wurden.

Als Beispiel einer solchen Messung diene:

1. Dauer der Beobachtung (Secunden)	2. Menge der angesaugten Luft (Liter)	3. Stellung des Anemometers	4. Zahl der Umdrehungen (n)
60	240	Mitte	177
60	248	Unten	168
60	246	Links	182
60	245	Oben	181
60	244	Rechts	161

Die vier Messungen ergaben:

1. Geschwindigkeit Vg aus den Angaben des Gasometers für den freien Querschnitt von 0,77 qdm berechnet m	2. Geschwindigkeit Va aus der Formel des Anemometers m
1. 0,264	0,32
2. 0,44	0,55
3. 0,53	0,63
4. 0,67	0,80

Da der Querschnitt thatsächlich nicht frei war, sondern durch das Anemometer verengt, war zu erwarten, dass die unter Annahme des freien (grösseren) Querschnittes berechneten Geschwindigkeiten kleiner ausfielen, als die im engeren Querschnitte thatsächlich stattfindenden.

Da der Versuch diese Erwartung bestätigte, konnte man es unternehmen, denjenigen Theil x des Rohr-Querschnittes (q) zu berechnen, welcher von dem Anemometer frei gelassen wurde, indem man die von dem Instrumente angegebenen Geschwindigkeiten (Va), als die wahren zu Grunde legte.

Man hat hierzu 4 Gleichungen von der Form

$$qv_g = xv_a \text{ (Liter)}$$

und erhält für x der Reihe nach die vier Werthe:

0,64; 0,61; 0,65; 0,64.

Als Mittelwerth derselben kann (0,635 oder) 0,64 angenommen werden.

Da der freie Querschnitt des Rohres 0,77 qdm beträgt, bringt demnach das Anemometer eine Querschnittsverengung von 0,13 qdm oder 13 qcm hervor.

Es ist das beinahe das Doppelte seiner Verticalprojection, war aber den Umständen gemäss wohl zu erwarten.

Zur Controle wurde noch eine Messung in einem weiteren Rohre von 160 mm Durchmesser hinzugefügt, in welchem leider nur sehr kleine Geschwindigkeiten erzeugt werden konnten. Es ergab sich wie oben

Geschwindigkeit V_g	Geschwindigkeit V_a
m	m
$0,25_5$	$0,27_0$
$0,26_0$	$0,28_5$

Eine Verengung des Querschnittes von 2,01 auf 1,88 qdm sollte hier die Geschwindigkeit nur um 0,02 m vergrössern. Die Beobachtung bestätigte diesen Schluss.

Schliesslich darf noch darauf aufmerksam gemacht werden, dass man sich bei Messungen in grösseren Querschnitten, über welche die Geschwindigkeit ungleichmässig vertheilt ist, nicht begnügen darf, aus den Ablesungen das arithmetische Mittel zu nehmen. Man hat vielmehr jeder Ablesung dasjenige Gewicht beizulegen, welches der Fläche entspricht, für welche sie gelten soll.

Hat man z. B. ein Rohr von 20 cm Durchmesser, so kann man sich auf 6 Beobachtungen beschränken, von welchen vier am Rande und zwei als erste und letzte in der Mitte gemacht werden. Da das Anemometer 5 cm Durchmesser hat, so kann das arithmetische Mittel aus den vier Randbeobachtungen als Geschwindigkeit der Luft in einem Kreisringe von der Fläche $(10^2\pi - 5^2\pi)$ gelten, die das arithmetische Mittel aus der ersten und letzten als Geschwindigkeit in einem Kreise von der Fläche $5^2\pi$. Deshalb ist der ersteren Mittelzahl das dreifache Gewicht der letzteren beizulegen, d. h. es ist die erstere mit 3 zu multipliciren, zu der einfachen zweiten zu addiren und diese Summe durch 4 zu dividiren. So erhält man einen genaueren Werth der mittleren Geschwindigkeit, als es der sechste Theil der Summe aller Einzelbeobachtungen sein würde. Beide Resultate weichen um so mehr von einander ab, je mehr die Geschwindigkeit in der Mitte die am Rande übertrifft, wie dieses z. B. in der Regel bei Luftströmen der Fall ist, welche aus längeren Rohrleitungen hervortreten.

§ 24. *Manometrische Messung der Luftgeschwindigkeit.*

Meinen Messungen gemäss erzeugt ein Luftstrom von der Geschwindigkeit v und solcher Dichtigkeit, dass ein Kubikmeter s kg wiegt, in der Mitte einer senkrecht getroffenen kreisförmigen Platte einen Ueberdruck von der Grösse

$$\frac{v^2 s}{2g}$$

über den Druck (B) der ruhenden Luft von gleicher Dichtigkeit.

Zugleich entsteht hinter der Platte eine Luftverdünnung, welche einen Ueberdruck von der Grösse

$$0{,}37 \frac{v^2 s}{2g}$$

bewirkt.

Ein einzelner dieser beiden Summanden lässt sich deshalb nicht verwenden, weil man den Druck B nicht hinreichend genau kennt, welchen die strömende Luft im Ruhezustande ausüben würde. Hingegen eliminirt sich B, wenn man die beiden Drücke

$$B + \frac{v^2 s}{2g} \text{ und } B - 0{,}37 \frac{v^2 s}{2g}$$

von einander subtrahirt. Und diese Subtraction lässt sich manometrisch dadurch ausführen, dass man den einen der beiden Drücke auf das innere, den anderen gleichzeitig auf das äussere Niveau des Manometers einwirken lässt.

Praktisch lässt sich die Sache in der Weise ausführen, dass man (in Röhren) eine kleine kreisförmige Scheibe von 10 bis 20 mm Durchmesser und 3 bis 4 mm Dicke mit zwei Bohrungen versieht, deren eine auf der Vorderseite, die andere auf der Rückseite in der Mitte eingeht und am Rande austritt. An die beiden Randlöcher werden zunächst kleine Röhrchen angesetzt und von diesen aus die Leitung zum Vierweghahn des Manometers in einer den Umständen entsprechenden Weise fortgesetzt. Da durch einmalige Umschaltung der Nullpunkt des Manometers eliminirt werden kann, lassen sich sehr kleine Steigungen anwenden, also auch kleine Geschwindigkeiten noch mit einiger Annäherung messen.

Bezeichnet man den am Manometer abgelesenen und auf verticale Millimeter Wasser reducirten Ausschlag (oder das arithmetische Mittel der beiden durch Umschalten erhaltenen Ausschläge) mit a, so gilt die Gleichung

$$a = 1{,}37 \frac{v^2 s}{2g}$$

oder

$$v = \sqrt{\frac{2ag}{1,37\,s}}.$$

Man kann hier noch den Factor $\sqrt{\frac{2g}{1,37}}$ ausscheiden und erhält dann einfacher

$$v = 3,784 \sqrt{\frac{a}{s}} \text{ Meter in der Secunde.}$$

Fig. 248.



In manchen Fällen, in denen man sich auf die Beharrlichkeit des Stromes verlassen kann, ist es bequemer oder instructiver, sich eines Plättchens mit einer Bohrung zu bedienen und dasselbe an einem langen Rohre, welches sich gegen das Plättchen zu verjüngt und schliesslich rechtwinkelig abbiegt, in den Strom zu halten. An das eine Ende dieser Luftleitung ist das Plättchen mittelst des kleinen Röhrchens R angesteckt (ein Tropfen Oel genügt, den luftdichten Verschluss herzustellen), an das andere Ende der Kautschukschlauch, der zu einem Niveau des Manometers oder zu einem Wege des Umschalters führt.

Man hat dann 2 Messungen zu machen, eine mit zugewendeter Bohrung zur Messung des Ueberdruckes und eine mit abgewendeter Bohrung (nach Drehung des Plättchens um 180°) zur Messung des Unterdruckes, wobei man beide Drücke mit dem Drucke der atmosphärischen Luft vergleicht, die über dem anderen Niveau des Manometers steht. Die Summe beider ist oben für a einzusetzen.

Die von Dr. Arn. Schönwerth im hygienischen Institute zu München nach dieser letzteren Methode an den von einem Kamine angesaugten Luftströmen ausgeführten Versuche haben den wichtigen Nachweis geliefert, dass die so erhaltenen Resultate mit denjenigen übereinstimmen, welche man mittelst des oben beschriebenen kinetischen Anemometers erhält, wenn dasselbe in der angegebenen Weise durch Umschwingen in ruhiger Luft geaicht war.

DRITTER THEIL.

Lüftung des Hauses durch capillare Luftkanäle.
(Natürlicher Luftwechsel.)

§ 25. *Luftbewegung in einem einzelnen Raume, welcher durch poröse Wände von der ihn rings umgebenden freien Luft getrennt ist.*

Um die Principien zunächst auf einen einfachen Fall anzuwenden, an welchen sich alle Mannigfaltigkeiten, welche der Bauplan eines Hauses bietet, anschliessen lassen, ist es gut, zu den schon in der Ueberschrift gemachten Voraussetzungen noch zwei weitere hinzuzufügen: Windstille in der Atmosphäre und constante Temperatur sowohl ausserhalb als innerhalb des Raumes. Ferner soll, um eine vollkommen exacte physikalische Betrachtung zu ermöglichen, zunächst angenommen werden, dass die Temperatur der Luft wie in der Atmosphäre so auch im Innern des Raumes über dessen ganze Höhe hin gleich hoch sei. Die innere Temperatur soll von der äusseren verschieden sein.

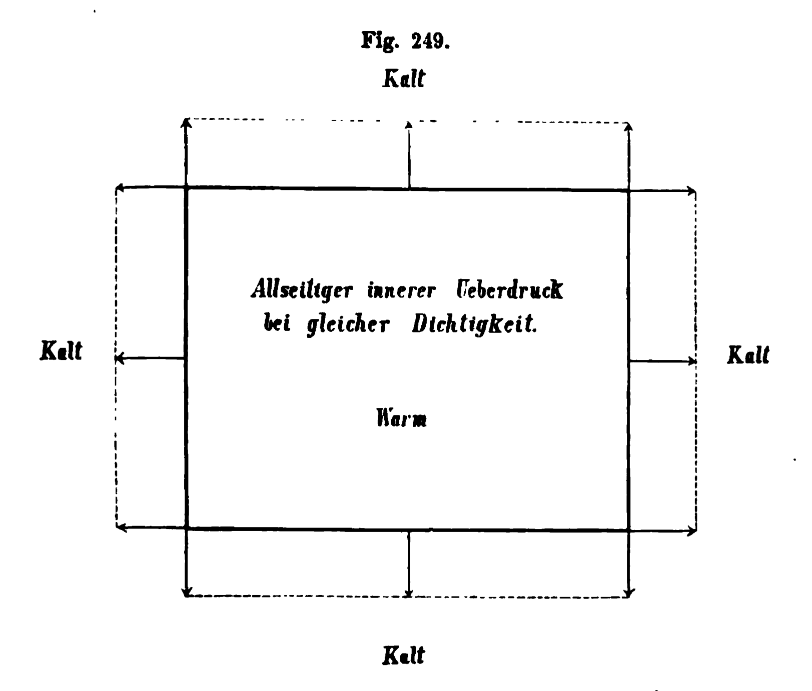
Es soll nun gezeigt werden, wie alle denkbaren Anfangszustände Ursachen zu Veränderungen in sich tragen, die zu einem und demselben stationären Endzustande führen, der dadurch gekennzeichnet ist, dass ebenso viel Luft von aussen in den Raum eindringt, als aus demselben nach aussen entweicht. Im Anschlusse hieran wird nachgewiesen werden, wie sich die einzelnen Theile der Begrenzung des Raumes an dem als Dauerzustand resultirenden Luftwechsel betheiligen.

1. Zunächst ist denkbar, dass im Innern des Raumes überall, d. h. in jeder Horizontalebene ein höherer Druck besteht, als aussen. Dann strömt durch alle Poren der Begrenzung Luft aus, die Dichtigkeit vermindert sich im Innern und somit auch der Druck. Endlich muss ein Ausgleich eintreten, nicht überall zugleich, sondern zunächst da, wo schon anfangs und während der Verminderung der inneren Dichtigkeit der innere Ueberdruck am kleinsten war. Das findet

aber nach den Ausführungen auf S. 585 statt: an der tiefsten Stelle, wenn die innere Luft wärmer ist als die äussere, hingegen an der höchsten Stelle, wenn die Luft des Raumes kälter ist als die seiner Umgebung.

Mit diesem Momente ist aber ein stationärer Zustand nicht erreicht. Denn ist a) die innere Luft wärmer als die äussere und am Boden mit dieser im Gleichgewicht, so besitzt sie, wie ein Blick auf die S. 566 gegebene Tabelle zeigt, in jeder höher gelegenen Horizontalebene noch Ueberdruck über die äussere, und es folgt,

Fig. 249.



dass zwar jetzt durch den Boden keine Luft mehr ausströmt, wohl aber durch die ganze übrige Begrenzung (Fig. 250 f. S.). Das führt zu einer weiteren Verminderung der inneren Dichtigkeit und somit zur **gleichmässigen** Abnahme des Ueberdruckes längs der ganzen Begrenzung. Somit wird derselbe am **Boden**, wo er vorher Null war, **negativ**, d. h. es wird Luft von aussen durch den Boden hereingedrückt, und die Horizontalebene des Gleichgewichts rückt **aufwärts** so weit, bis durch die Gleichheit zwischen einströmender und abströmender Luft einer weiteren Veränderung der Dichtigkeit Einhalt gethan ist.

Somit führt der Anfangszustand, bei welchem die innere Luft wärmer und überall der äusseren an Spannkraft überlegen ist, von

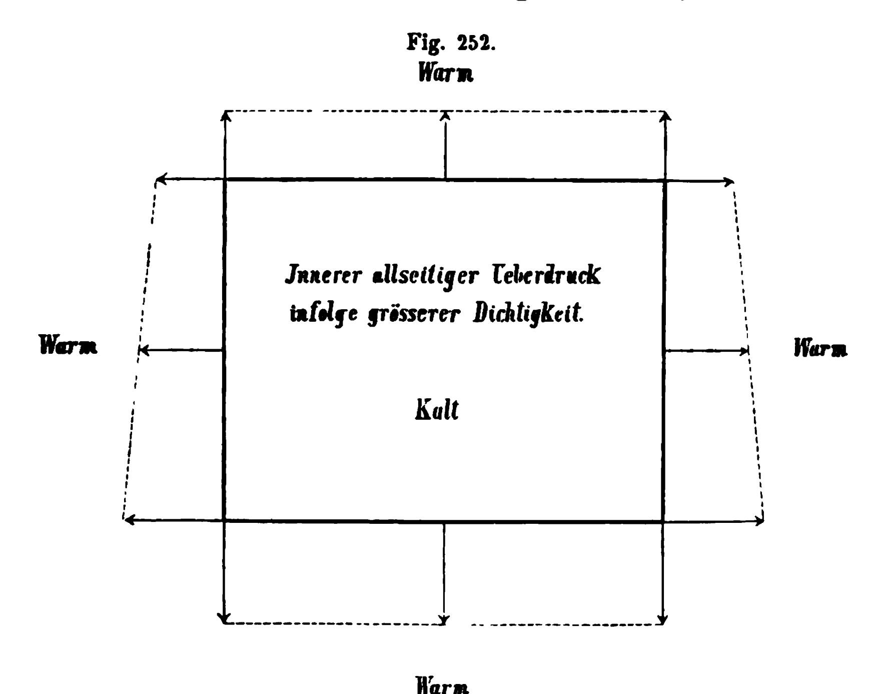
Fig. 250.

Fig. 251.

selbst zu einem stationären Endzustande, bei welchem die Ebene des Gleichgewichts in solcher Höhe liegt, dass unterhalb derselben ebenso viel Luft von aussen eindringt, als oberhalb derselben nach aussen entweicht (Fig. 251).

b) Es ist auch denkbar, dass die innere Luft kälter als die äussere und dennoch dieser (vermöge grösserer Dichtigkeit) überall an Spannkraft überlegen ist (Fig. 252. Dann vollzieht sich der Uebergang aus diesem veränderlichen in den Beharrungs-Zustand so, dass der Aus-

Fig. 252.



gleich zunächst oben an der Decke stattfindet, während durch die übrige Begrenzung wegen des überall (nach S. 585) von der kalten nach der warmen Seite gerichteten Ueberdruckes Luft von innen nach aussen strömt (Fig. 253 S. 617). Somit ist eine weitere Abnahme des inneren Druckes und eine Abwärtsbewegung der Gleichgewichtsebene veranlasst: oben wird der äussere Druck dem inneren überlegen und treibt Luft hinein, während sich unterhalb mit dem Drucke auch die Menge der ausströmenden Luft vermindert, bis sie nur noch ebenso gross ist wie die Menge der einströmenden.

Die Ebene des Gleichgewichts liegt schliesslich (Fig. 254 S. 617) in derselben Höhe wie vorhin, der Unterschied besteht nur in der

Richtung des Ventilationsstromes, der jetzt im Innern von oben nach unten geht, während er vorhin, in dem Raume, der wärmer war als seine Umgebung, von unten nach oben gerichtet war.

2. Es sind noch zwei weitere Anfangszustände denkbar, bei welchen die innere Luft zunächst durchaus geringeren Druck hat als die äussere und entweder a) wärmer oder b) kälter ist als diese.

In beiden Fällen strömt die Luft von aussen ein und führt einen Ausgleich der Spannkräfte herbei, der bei einer gleichmässig gedachten Zunahme der inneren Dichtigkeit an derjenigen Stelle zuerst eintreten muss, wo die Drücke schon vorher am wenigsten verschieden waren.

Diese Stelle ist aber in beiden Fällen verschieden, da nach S. 585 stets die wärmere Luft oben stärker entgegendrückt als unten.

Ist a) die wärmere Luft inwendig, dann besteht oben an der Decke gegen die als übermächtig gedachte äussere Luft grösserer Gegendruck als unten am Boden, und der Ausgleich findet somit zuerst an der Decke statt, während unterhalb noch von aussen Luft einströmt. Es sinkt deshalb die Ebene des Gleichgewichts abwärts, so dass oben Luft ausströmt und schliesslich der gleiche Beharrungszustand erreicht wird wie im ersten Falle (Fig. 251). b) Ebenso erkennt man, dass im vierten Falle, wo die kältere Luft inwendig gedacht ist, die Ebene des Gleichgewichts vom Boden nach oben rückt und ein mit dem zweiten (Fig. 254) identischer Beharrungszustand eintritt.

§ 26. Beobachtung der neutralen Zone.

Die Linie, in welcher die horizontale Ebene des Gleichgewichts die Begrenzung des Raumes schneidet, und die sich wie ein Gürtel um den ganzen Raum in bestimmter Höhe herumzieht, heisst die neutrale Zone.

Der Uebergang des Raumes aus irgend einem zufälligen Anfangszustande in den Beharrungszustand eines constanten Luftwechsels mit fester Lage der neutralen Zone vollzieht sich in der Natur rascher, als er hier beschrieben werden kann, und man wird deshalb überall, wo die zu Anfang dieses Abschnittes gemachten Voraussetzungen auch nur einigermaassen erfüllt sind, die neutrale Zone nachweisen können. Die wichtigste dieser Bedingungen ist Windstille. Ist diese Voraussetzung erfüllt, so kann man in jedem Eckzimmer an den beiden dem Freien zugekehrten Wänden eine in durchaus gleicher Höhe verlaufende neutrale Linie nachweisen, indem man an einem Fenster durch geringes Zurückziehen eines Flügels einen feinen

Fig. 253.



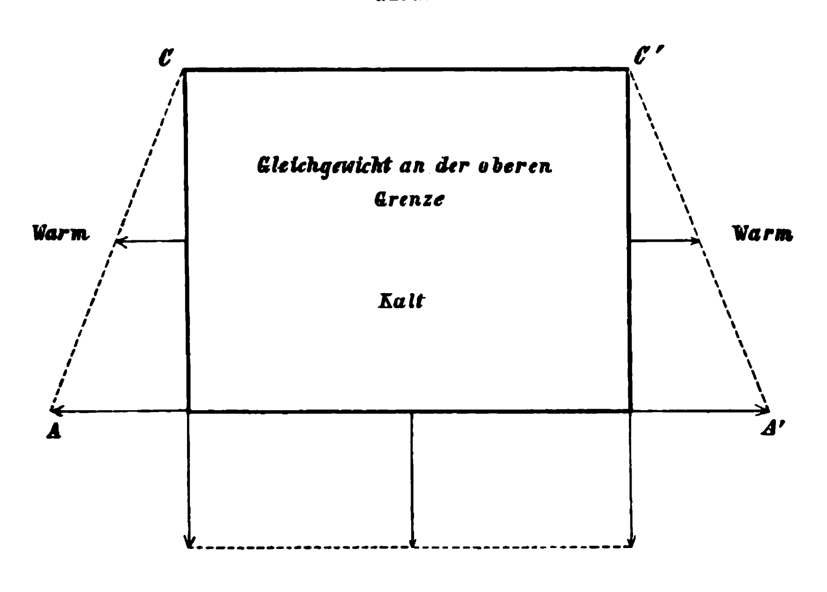
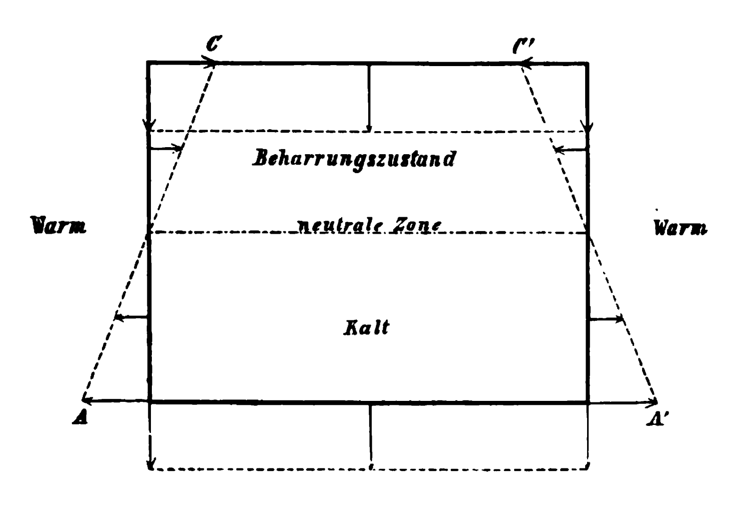


Fig. 254.



Spalt herstellt und die Flamme eines Wachskerzchens an diesem Spalte entlang führt. Man wird eine Stelle finden, wo der durch den Spalt gehende Luftzug die Flamme nicht in einer bestimmten Richtung bewegt, während sie oberhalb und unterhalb um so stärker angeblasen wird, je weiter man sich von der neutralen Stelle entfernt. Auch wird man im Winter die in Figur 251 angedeuteten Richtungen der Strömung erkennen, während man im Sommer bei hoher Aussentemperatur in einem kühlen Zimmer ebenso die Strömungen der Fig. 254 nachweisen kann.

Auch an den Zimmerthüren von Wohnungen, welche gegen das Stiegenhaus abgeschlossen sind, wird man ähnliche Beobachtungen machen können. Wenn es in den geschlossenen Zimmern wärmer ist als auf dem geschlossenen Hausgang (Corridor), dann findet hauptsächlich durch die Ritzen und Fugen der Thüre sowie durch das Schlüsselloch hindurch ein Luftwechsel zwischen dem kalten Hausgang und dem warmen Zimmer statt, den man sichtbar machen kann, wenn man die Thüre um eine Spalte öffnet, die eben weit genug ist, um die Wirkung der Luftströmung auf eine nahe gehaltene Lichtflamme erkennen zu lassen. Man wird in der Regel die neutrale Stelle, an welcher die Richtung des Ventilationsstromes umkehrt, in der Thürspalte finden, und je enger die Spalte war, mit um so grösserem Rechte schliessen, dass man die neutrale Linie der ganzen Wand gefunden hat, in welcher die Thüre angebracht ist. Diese Linie stimmt aber nicht nothwendig mit der an der freien Begrenzung gefundenen überein. Sie würde nur dann sicher übereinstimmen, wenn der Hausgang durch Oeffnen mehrerer Fenster so mit der freien Luft in Verbindung gesetzt werden könnte, dass er selbst als freie Umgebung gelten könnte.

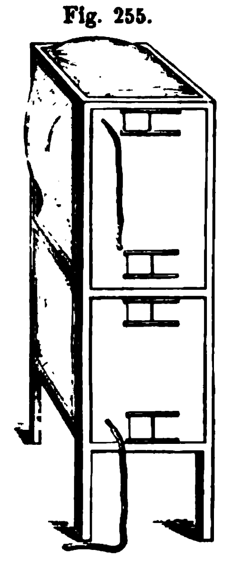
Hingegen kann man mit Sicherheit die Beobachtung machen, dass die neutrale Stelle in der Thürspalte um so genauer in die Mitte der Thürhöhe rückt, je weiter man die Thüre öffnet.

Aehnliche Beobachtungen kann man an der Verbindungsthüre zwischen einem kalten und warmen Zimmer machen. Zu der bekannten Erfahrung, dass bei dem Oeffnen der Thüre, welche einen warmen Raum mit einem kalten verbindet, die in dem ersteren Anwesenden kalten Zug gegen die Beine, nicht aber gegen den Kopf empfinden, kann man leicht die weitere hinzufügen, dass gleichzeitig zu dem oberen Theile der geöffneten Thüre warme Luft ausströmt. In Localen, wo stark geraucht wird, kann man den austretenden Luftstrom in Form einer Rauchwolke sehen, ausserdem mittels einer Lichtflamme nachweisen. Solche Jedermann leicht zugängliche

Erfahrungen können als einzelne Bestätigungen für die Richtigkeit der in Fig. 251 und Fig. 254 dargestellten Beharrungszustände dienen, sowie zum Belege, dass für unsere Zimmer in der Regel die Voraussetzungen, welche der Theorie zu Grunde liegen, wenn auch nicht in aller Strenge, so doch so weit erfüllt sind, dass die in ihnen auftretenden Ventilationsströmungen nicht erheblich von denen eines freistehenden Pavillons abweichen.

Will man die allgemeinen Grundzüge der Theorie unabhängig von äusseren Umständen wie Windstille und Lage des Raumes demonstriren, so bedient man sich mit Nutzen des in Fig. 255 dargestellten Modells, welches das hygienische Institut zu München nach meiner Angabe hat ausführen lassen, und welches wohl auch noch zu weiteren Studien und Demonstrationen verwendet werden kann.

Fig. 255.



Ein kräftiges Gestell von hartem Holze ist ca. 2 m hoch, 1 m lang, 0,5 m breit. Die unteren Querleisten sind ca. 0,2 m über dem Boden angebracht, die mittleren 0,8 m über den unteren. In die zugekehrte Schmalseite können zwei Füllungen von Holz eingesetzt werden, die mit vier durch Schieber verschliessbaren Oeffnungen von ca. 1 qdm versehen sind. Unten und oben befinden sich Ansätze für Schläuche, die zu dem Differentialmanometer geführt werden können.

Die Füllungen der gegenüberliegenden Wand sind: oben ein Fenster, unten eine Glasthüre. Auch für die eine Breitseite sind zwei verglaste Fensterrahmen vorgesehen, die mittelst Riegel festgehalten werden.

Die Rahmen, welche in die zweite Breitseite passen, ebenso wie die beiden Rahmen, welche für den Boden und die Decke vorgesehen sind, sind aussen glatt und werden zur Ausführung der ersten Versuche lose mit Seidenpapier ausgefüllt. Das Aufkleben des Seidenpapieres geschieht am besten in der Weise, dass man den Rahmen auf einen Tisch legt, ein Stück Seidenpapier zuschneidet, welches nach beiden Richtungen ungefähr $1^1/_2$ mal so lang ist als der Rahmen, dann auf die freie Stelle des Tisches innerhalb des Rahmens mehrere Gegenstände, z. B. umgekehrte Bechergläser von 10—15 cm Höhe stellt, den Rahmen mit Buchbinderkleister bestreicht, endlich das von 4 Händen gehaltene Seidenpapier auflegt und da, wo es auf den Rahmen zu liegen kommt, andrückt. Die Falten

werden möglichst, wenn nöthig unter Anwendung von etwas Kleister, ausgestrichen. Der überspannte Rahmen wird zunächst der trocknenden Luft überlassen, darf aber stets nur sehr langsam bewegt werden, da ein stärkerer durch rasches Bewegen nach der Breite herbeigeführter Luftdruck das Seidenpapier leicht zum Reissen bringt.

Zur Vervollständigung des Apparates gehören noch zwei etwa zu beiden Seiten der Glasthüre durch das Gestell geführte Gasrohre, welche innen und aussen mit Schlauchansätzen versehen sind, und ein etwa 15 cm hoher schmaler Steg (Schemel), welcher, auf den Rahmen der Bodenfüllung aufgestellt, die beiden Gasbrenner tragen soll, die zur Erwärmung der inneren Luft dienen.

Nach Entzündung der Gasflammen und Schliessen der Glasthüre wird alsbald eine Bewegung des Seidenpapieres im Sinne der in Fig. 251 angedeuteten Ueberdrücke eintreten: an der Decke wird die Füllung auswärts getrieben, am Boden einwärts, auf der Seitenwand wird der untere Theil nach innen, der obere nach aussen gespannt. Selbst die Hand, welche versucht, die Bäusche einwärts zu drücken, wird einen leichten Gegendruck verspüren. Oeffnet man die 4 Luken der Holzwand, so werden Papierstreifen, die man an den oberen Rand klebt, oder besser Papierscheibchen, die man daselbst an Fäden aufhängt, unten lebhaft einwärts, oben auswärts geweht, während sie in den mittleren Luken nur schwache Bewegungen zeigen und es leicht gelingt, in diesen ein Scheibchen so zu hängen, dass es gerade in die neutrale Zone fällt und demnach keine Ablenkung von der verticalen erfährt. In der gleichen Höhe wird das Seidenpapier seinen Wendepunkt zeigen.

Misst man mittelst des Anemometers die Geschwindigkeit der oben ausströmenden oder der unten einströmenden Luft und zugleich mittelst des Differentialmanometers den in gleicher Höhe stattfindenden Ueberdruck, so wird man hinreichende Uebereinstimmung mit dem auf S. 600 gegebenen Gesetze finden und somit die manometrisch nachgewiesenen Ueberdrücke als die Ursachen der Luftströmungen erkennen.

Will man mittelst des Differentialmanometers den Nachweis liefern, dass der Ueberdruck mit dem Abstande von der neutralen Zone zunimmt, so darf man nur die Holzfüllung noch an einer mittleren Stelle anbohren und ein an den Manometerschlauch angestecktes Glasrohr in die Bohrung einführen.

Auch die in Fig. 254 S. 617 dargestellte Druckvertheilung und ihre Wirkungen lassen sich mittelst des Modells nachweisen, wenn es gelingt, die innere Luft beträchtlich unter die Temperatur der

Umgebung abzukühlen. Man hängt zu diesem Zwecke an Eisendrähten, die man mittelst eingeschraubter Oesen an den oberen Längsleisten des Gestelles befestigt, zwei oder drei Netze voll grob zerstossenen und mit Kochsalz bestreuten Eises auf. Die Abtropfschalen können an den Netzen befestigt werden. Dann gelingt schon nach kurzer Zeit der Versuch mit den Probescheibchen an der Holzwand. Sollten hier die Druckerscheinungen an dem Seidenpapier nicht energisch genug auftreten, so kann man doch immer mit Sicherheit auf folgenden Versuch rechnen, der jedenfalls eine willkommene Ergänzung des Gesammtbildes liefert.

Man entfernt die 4 mit Seidenpapier überzogenen Rahmen und ersetzt sie durch vier andere mit widerstandsfähigeren Füllungen beliebiger Art, z. B. Zeichenpapier, Tapeten, dichte Gewebe, Wachstuch, Holz, und entzündet dann im Innern bei offener Glasthüre einige Gramm Schiesspulver, worauf die Glasthüre sofort geschlossen wird. Hatte man das Innere zuvor erwärmt, so dringt der Rauch nun oberhalb der neutralen Zone durch alle Ritzen und Fugen und zwar sichtlich um so stärker, je weiter diese zufälligen Undichtigkeiten von der neutralen Zone abstehen. War aber das Innere des Modells vorher abgekühlt worden, dann dringt der Rauch nur unterhalb der neutralen Zone heraus.

Hat man diese Thätigkeit der Kräfte an den Fugen der Einsätze beobachtet, dann kann man den Rest des Pulverdampfes rasch dadurch entleeren, dass man an der Holzwand die obere und untere Luke öffnet. Im ersten Falle (innen warm) wird der Dampf nur aus der oberen, im zweiten Falle nur aus der unteren Luke ausströmen.[1])

§ 27. *Formel und Gleichung des Luftwechsels.*

Nachdem so die neutrale Zone als Bedingung eines Beharrungszustandes erkannt ist, lassen sich Formel und Gleichung des durch Temperaturdifferenzen erzeugten stationären Luftwechsels aufstellen.

1) Als ich den Versuch mit dem Pulverdampfe zum ersten Male (in der Versammlung des Vereins für öffentliche Gesundheitspflege zu Hannover 1883) ausführte, waren auf drei Seiten Glaswände, die vierte Wand war wie der Boden und die Decke von Holz. In diese letzten drei Begrenzungen waren von 10 zu 10 cm Löcher von 2 cm Durchmesser gebohrt, die mit Pfropfen geschlossen werden konnten. Vor dem Versuch wurden alle Löcher geöffnet, und man sah deutlich an der verticalen Wand die mit dem Abstand von der neutralen Zone zunehmende, an den horizontalen Wänden die gleichmässige Intensität der Ausströmung.

Es soll bezeichnet werden mit

q_0 die Bodenfläche, D_0 ihre Durchlässigkeit, p_0 der an ihr bestehende Ueberdruck;

q_2 die (ebene) Deckfläche, D_2 ihre Durchlässigkeit, p_2 der an ihr bestehende Ueberdruck;

q_1 die gesammte verticale Wandfläche, D_1 ihre Durchlässigkeit, H die Höhe des (prismatisch gedachten) Raumes, h die Höhe der neutralen Zone über dem Boden.

Dann ist

$$q_0 D_0 p_0 \qquad (1$$

die Luftmenge, welche stündlich durch den Boden geht,

$$q_2 D_2 p_2 \qquad (2$$

die Stärke der Luftströmung durch die Decke, ferner

$$q_1 \frac{h}{H} D_1 \frac{p_0}{2}\text{[1]} \qquad (3$$

die Luftmenge, welche unterhalb der neutralen Zone durch die verticale Wand geht, endlich

$$q_1 \frac{H-h}{H} D_1 \frac{p_2}{2} \qquad (4$$

die Strömung durch den oberhalb der neutralen Zone gelegenen Theil der verticalen Begrenzung.

Da die Luftmengen 1) mit 3); 2) mit 4) in gleichem Sinne, nämlich beide auswärts oder beide einwärts strömen, so stellt sowohl die Summe aus 1) und 3) als die Summe aus 2) und 4) die Grösse des stündlichen Luftwechsels dar; die Richtung aber der beiden Strömungen ist davon abhängig, ob der Raum, von dessen Luftwechsel die Rede ist, wärmer oder kälter ist, als seine Umgebung.

Denkt man sich zunächst die höhere Temperatur innerhalb des Raumes, so ist

$$q_0 D_0 p_0 + q_1 \frac{h}{H} D_1 \frac{p_0}{2} \ldots\ldots \qquad (1$$

der Betrag der Einströmung (Fig. 251 S. 614) und

$$q_2 D_2 p_2 + q_1 \frac{H-h}{H} D_1 \frac{p_2}{2} \ldots\ldots \qquad (2$$

die Menge der gleichzeitig ausströmenden Luft.

Wäre aber die höhere Temperatur ausserhalb, so würden beide Strömungen ihre Richtungen vertauschen (Fig. 254 S. 617).

Die Einfachheit dieser Ausdrücke und der im Folgenden aus

---

1) $q_1 \frac{h}{H}$ ist die Grösse der Fläche, $\frac{p_0}{2}$ der Mittelwerth des Druckes.

ihnen gezogenen Schlüsse verdankt man wesentlich der Annahme einer nach der Höhe gleichmässigen Durchlässigkeit (D_1) der verticalen Begrenzung, die vielleicht nicht in aller Strenge richtig ist, aber doch auch nicht allzu gewagt erscheint, wenn man bedenkt, dass durch die Thüren der untere und mittlere, durch die Fenster der mittlere und obere Theil begünstigt wird, und dass die doppelte Begünstigung des mittleren Theiles wegen der kleineren Werthe der daselbst auftretenden Ueberdrücke nicht von grosser Bedeutung ist.

Da nach Eintritt des unvermeidlichen Beharrungszustandes Einströmung und Ausströmung einander gleich sind, so erhält man durch Gleichsetzen der beiden Ausdrücke (1) und (2)

die Gleichung des Luftwechsels

$$q_0 D_0 p_0 + q_1 \frac{h}{H} D_1 \frac{p_0}{2} = q_2 D_2 p_2 + q_1 \frac{H-h}{H} D_1 \frac{p_2}{2} \qquad (3$$

Dieselbe soll zunächst etwas vereinfacht werden, ohne dass (etwa durch Versetzung der Glieder von einer Seite auf die andere) der Charakter der beiden Seiten als Einströmung und Ausströmung beeinträchtigt wird.

Da die Durchlässigkeiten D_0, D_1, D_2 überall mit den zugehörigen Flächen multiplicirt auftreten, so ist es einfacher, die Lüftungsvermögen einzuführen, also $q_0 D_0 = l_0$, $q_1 D_1 = l_1$, $q_2 D_2 = l_2$ zu setzen. Dadurch erhält man als

Gleichung des Luftwechsels auch

$$p_0 \left(l_0 + {}^1/_2\, l_1 \frac{h}{H}\right) = p_2 \left(l_2 + {}^1/_2\, l_1 \frac{H-h}{H}\right) \cdots\cdots \qquad (3a$$

Bezeichnet man mit F (Function der Temperaturen) den Ueberdruck, welcher in 1 m Entfernung von der neutralen Zone auftritt, also die in der Tabelle (S. 571) eingetragene Grösse, so ist

$$p_0 = hF, \quad p_2 = (H-h)F.$$

Ferner kann man den echten Bruch $\frac{h}{H} = \frac{\text{Höhe der neutralen Zone}}{\text{Zimmerhöhe}}$ mit β bezeichnen, so dass $h = \beta H$ und $H - h = (1-\beta) H$ wird[1]), und erhält dadurch die

1) Da $p_0 + p_2 = Hf$, so sieht man, wie sich die gesammte zur Verfügung stehende ventilirende Kraft Hf in zwei Summanden theilt, von denen einer p_0 verwendet wird, die Luft durch den Boden und den unterhalb der neutralen Zone liegenden Theil der verticalen Begrenzung zu treiben, während der andere Summand p_2 in entgegengesetztem Sinne an der Decke und dem oberen Theile der Wände arbeitet: der eine Summand besorgt die Einströmung, der andere die Ausströmung.

Gleichung des Luftwechsels:

$$\beta HF (l_0 + {}^1/_2 \beta l_1) = (1 - \beta) HF (l_2 + {}^1/_2 (1 - \beta) l_1) \quad (3b$$

Jede der beiden Seiten stellt hier noch den ganzen Betrag des Luftwechsels dar: Links steht die Strömung durch den Boden und den unterhalb der neutralen Zone liegenden Theil der aufrechten Wände, rechts die Strömung durch die Decke und den oberhalb der neutralen Zone liegenden Theil der aufrechten Wände.

Weitere Vereinfachung der Gleichung des Luftwechsels.

Man bemerkt sofort, dass die Grössen H und F sich wegheben und dass somit der Bruch β, durch welchen die Höhenlage der neutralen Zone bestimmt ist, nur von den Lüftungsvermögen der Zimmerbegrenzungen, nicht aber von den jeweiligen Temperaturen abhängt. Löst man die Gleichung nach β auf, so ergiebt sich

$$\beta = \frac{l_2 + {}^1/_2\, l_1}{l_2 + l_1 + l_0} \; \ldots\ldots \quad (4$$

oder, wenn man das im Nenner stehende gesammte Lüftungsvermögen des Zimmers mit L bezeichnet.

$$\beta = \frac{l_2 + {}^1/_2\, l_1}{L} \; \ldots\ldots \quad (4a$$

Die Grösse des Luftwechsels, welche aus Gleichung 3b in der Form $HF\beta (l_0 + {}^1/_2 \beta l_1)$ entnommen wird, kann somit dargestellt werden als ein Product aus folgenden drei Factoren:

1. H = Höhe des Zimmers,

2. $F = 1{,}293 \frac{B}{760} \frac{t_2 - t_1}{273 + t_1 + t_2}$ (S. 569),

(Function der Temperaturen.)

3. $\beta (l_0 + {}^1/_2 \beta l_1)$ mit $\beta = \frac{l_2 + {}^1/_2\, l_1}{L}$,

(Function der Lüftungsvermögen.)

Daraus ergeben sich folgende Sätze:

1. Der natürliche Luftwechsel eines Zimmers ist seiner Höhe proportional, oder: bei gleichen Temperaturen und gleichen Lüftungsvermögen verhalten sich die Luftwechsel zweier Zimmer wie ihre Höhen.

Beispiel. Erhöht man ein Zimmer von 3 m auf 4 m, so steigert sich sein natürlicher Luftwechsel wegen der Erhöhung allein um ⅓ des früheren Betrages. Eine weitere Zunahme ergiebt sich aus der mit der Erhöhung verbundenen Vergrösserung der aufrechten Wände, wodurch l_1 wächst.

2. **Der natürliche Luftwechsel eines Zimmers ist annähernd der Temperaturdifferenz proportional.** Die Temperatur selbst und der Barometerstand haben zwar einigen Einfluss, sind aber von untergeordneter Bedeutung.

3. Der dritte Factor $\beta\,(l_0 + {}^1/_2\,\beta\,l_1)$ kann durch Einführung des Werthes von β auf die Form

$$\frac{(l_2 + {}^1/_2\,l_1)\,(l_0 + {}^1/_2\,l_1)\,(l_2 + l_0 + {}^1/_2\,l_1)}{L^2} \quad \ldots\ldots (5$$

gebracht werden. Dieser Ausdruck ändert sich nicht, wenn man l_0 mit l_2 vertauscht. Daraus folgt, dass **die Grösse des Luftwechsels in gleicher Weise von dem Lüftungsvermögen der Decke wie von dem Lüftungsvermögen des Bodens abhängt**, dass es somit für die Grösse desselben gleichgültig ist, ob in dem einen oder dem anderen dieser Lüftungsvermögen eine Aenderung vor sich geht. Hingegen spielt das Lüftungsvermögen (l_1) der aufrechten Wände eine besondere Rolle.

Augenfällig nimmt der Luftwechsel zu, wenn entweder l_0 oder l_2 oder beide zugleich wachsen; denn die echten Brüche $\frac{l_2 + l_0 + {}^1/_2\,l_1}{L}$, $\frac{l_2 + {}^1/_2\,l_1}{L}$ und $\frac{l_0 + {}^1/_2\,l_1}{L}$ wachsen, wenn Zähler und Nenner um die gleiche Grösse zunehmen. Hingegen ist nicht sofort deutlich, dass auch das Wachsen von l_1 eine Zunahme des Luftwechsels bewirkt, weil die Factoren des Zählers die Grösse l_1 nur zur Hälfte enthalten, während sie im Nenner voll auftritt. Jedoch lässt sich auch für diese Wahrscheinlichkeit der volle Beweis erbringen.[1])

4. **In einem Zimmer von bestimmtem Gesammtlüftungsvermögen L und bestimmtem Lüftungsvermögen (l_1) der aufrechten Wände ist der durch irgend eine Temperaturdifferenz erzielte Luftwechsel ein Maximum, wenn das Lüftungsvermögen der Decke dem des Bodens gleich ist** (also die neutrale Zone in der Mitte der Höhe liegt).

---

1) Der nach l_1 abgeleitete Differentialquotient des Bruches ist positiv. Sein Vorzeichen wird bestimmt durch die Differenz

$$L\,(l_2 + {}^1/_2\,l_1)\,(l_0 + {}^1/_2\,l_1) + L\,(l_2 + {}^1/_2\,l_1)\,(l_2 + l_0 + {}^1/_2\,l_1) + L\,(l_0 + {}^1/_2\,l_1)\,(l_2 + l_0 + {}^1/_2\,l_1) - 4\,(l_2 + {}^1/_2\,l_1)\,(l_0 + {}^1/_2\,l_1)\,(l_2 + l_0 + {}^1/_2\,l_1).$$

Hier lässt sich der Subtrahend in vier gleiche Summanden auflösen, von welchen jeder einzelne kleiner ist als jeder der drei Summanden des Minuenden, während von einem der letzteren gezeigt werden kann, dass er grösser ist als zwei Summanden des Subtrahenden zusammen. Es ist nämlich entweder l_0 oder l_2 kleiner als die halbe Summe beider, und somit entweder $(2\,l_0 + l_1)$ oder $(2\,l_2 + l_1)$ kleiner als L

Dieses **Maximum** hat die Grösse

$$\tfrac{1}{4} FH (L - \tfrac{1}{2} l_1) \quad \ldots\ldots (6$$

Die Ueberzeugung von der Richtigkeit des Behaupteten lässt sich auf elementarem Wege gewinnen wie folgt:

Da für L und l_1 bestimmte Werthe vorausgesetzt werden, so ist auch $L - l_1 = l_0 + l_2$ constant. Bezeichnet man die Hälfte dieser Summe mit $\sigma = \frac{l_0 + l_2}{2}$, so wird, da im Allgemeinen l_0 von l_2 verschieden ist,

$$l_0 = \sigma + \Delta$$
$$l_2 = \sigma - \Delta$$

gesetzt werden dürfen, wobei Δ, welches den halben Unterschied der beiden Lüftungsvermögen l_0 und l_2 bedeutet, auch negativ sein kann.

Führt man diese Bezeichnungen in den Ausdruck 5 (Seite 625) ein, so kann derselbe leicht auf die Form

$$(L - \tfrac{1}{2} l_1)\left(\tfrac{1}{4} - \frac{\Delta^2}{L^2}\right) \quad \ldots\ldots (7$$

gebracht werden, aus welcher sofort erkannt wird, dass von allen möglichen Werthen des Δ der Werth $\Delta = 0$ den Ausdruck am grössten macht.

Das **Maximum des Luftwechsels** ist dann, wie oben angegeben, $\tfrac{1}{4} FH (L - \tfrac{1}{2} l_1)$.

5. Aus dem mit Hülfe der Form (7 gebildeten Ausdrucke des Luftwechsels

$$F H (L - \tfrac{1}{2} l_1)\left(\tfrac{1}{4} - \frac{\Delta^2}{L^2}\right) \ldots \quad (3c$$

in welchem $\Delta = \frac{l_0 - l_2}{2}$, lässt sich auch eine **untere** Grenze für die Grösse desselben gewinnen (ein **Grenz-Minimum**), wenn man für Δ den grössten denkbaren Werth setzt. Der grösste denkbare, aber nicht mehr wirklich erreichbare Werth von Δ ist derjenige, welcher erhalten wird, wenn man das Lüftungsvermögen der Decke (oder des Bodens) gleich Null annimmt, also $\Delta = \pm \sigma$ setzt.

Führt man den Werth $\Delta = \sigma$ ein, so wird,

$$\left[\text{wegen } l_2 = 0,\ \sigma = \frac{l_0}{2},\ L = l_0 + l_1 \text{ und}\right.$$
$$\left.\tfrac{1}{4} - \frac{\Delta^2}{L^2} = \left(\tfrac{1}{2} - \frac{l_0}{2L}\right)\left(\tfrac{1}{2} + \frac{l_0}{2L}\right) = \tfrac{1}{2} l_1 \cdot \frac{L - \tfrac{1}{2} l_1}{L^2}\right]$$

das **Minimum des Luftwechsels**

$$\tfrac{1}{2} F H l_1 \left(\frac{L - \tfrac{1}{2} l_1}{L}\right)^2 \text{[1]} \quad \ldots\ldots (8$$

---

1) Noch etwas tiefer liegt der leichter zu berechnende Werth:

$$\tfrac{1}{2} F H l_1 \left(1 - \frac{l_1}{L}\right)$$

Es lassen sich somit auch ohne Ausscheidung der Werthe der beiden Lüftungsvermögen l_2 und l_0, auf Grund der Kenntniss des gesammten Lüftungsvermögens (L) und des Lüftungsvermögens der verticalen Begrenzung (l_1), bestimmte Grenzen angeben, innerhalb deren der Luftwechsel liegt.

§ 28. Bestimmung der Elemente des Luftwechsels.

Es kann als eine Aufgabe der Physik betrachtet werden, zu zeigen, wie auf Grund ausführbarer Messungen die Grösse des Luftwechsels sowohl im Ganzen als in seinen einzelnen Summanden ermittelt wird.

Auch die zu diesem Zwecke zunächst folgende Untersuchung soll sich auf den bisher vorausgesetzten Fall eines Raumes von allseitig freier windstiller Umgebung beziehen.

Als leicht messbar darf man betrachten die Höhe H und auch die beiden Temperaturen t_i der inneren und t_a der äusseren Luft.

Schwer zugänglich hingegen sind die Durchlässigkeiten D_0, D_1, D_2 und folglich auch die Lüftungsvermögen l_0, l_1, l_2, weil die für Baumaterialien gefundenen Werthe auf Mauern und Zwischenböden erfahrungsgemäss nicht übertragen werden dürfen. Da aber ohne die Kenntniss der Lüftungsvermögen keine vollständige Einsicht in den Vorgang des Luftwechsels gewonnen werden kann, so sind bestimmte Methoden anzugeben, durch welche die drei Unbekannten l_0, l_1, l_2 aus ihren Wirkungen erkannt werden. Zu einer ersten Gleichung zwischen denselben führt die experimentelle Bestimmung der neutralen Zone.

Die Höhe h der neutralen Zone über dem Fussboden lässt sich zwar, wie oben gezeigt, durch Probiren ermitteln; jedoch ist die Methode nicht einwandsfrei, da bei Ausführung derselben eine Spalte weiter geöffnet werden muss, als sie in der Regel ist, und die hierdurch bewirkte Aenderung der Durchlässigkeit im Allgemeinen nicht ganz ohne Einfluss auf h sein kann. Kommt es wie hier auf grössere Genauigkeit an, so bedient man sich des Differentialmanometers, welches man irgendwo im Zimmer so aufstellt, dass es von den Bewegungen des Beobachters nicht beeinflusst wird. Es muss der Ueberdruck U_1, U_2 an zwei Stellen und die Entfernung (a) dieser Stellen gemessen werden.

Soll der Raum als ständiges Versuchsobject dienen, so wird man die beiden Stellen so günstig als möglich wählen, die eine unmittelbar unter der Decke, die andere unmittelbar über dem Fussboden.

40*

Man durchbohrt hier mit einem Steinmeissel die Mauer **vollständig**[1]) und gipst ein Stück Glasrohr ein, welches innen so weit vorsteht, dass man den Schlauch ansetzen kann. Geht das aus irgend einem Grunde nicht an, so kann man den Rahmen eines Fensters oder die Thüre benützen, indem man sie in möglichst grossem Abstande (a) mit einem kleinen Handbohrer durchbohrt und passende Glasröhrchen durch die Bohrungen steckt.

Giebt das Differentialmanometer an den Endpunkten der verticalen Strecke a Ausschläge von verschiedenen Vorzeichen, so liegt die neutrale Zone innerhalb dieser Strecke; erfolgen aber die Ausschläge in gleichem Sinne, dann liegt die neutrale Zone ausserhalb. In beiden Fällen führt ein **graphisches Verfahren** leicht zur Ermittelung ihrer Lage: Man trägt die Strecke a im Maassstabe von 1:50 auf Millimeterpapier ab und errichtet in ihren Endpunkten Senkrechte, welche den manometrisch gemessenen Drücken an Grösse proportional sind und auch in der Richtung entsprechen.

Die Gerade, welche die Endpunkte dieser beiden Lothe verbindet, schneidet die Gerade a an der Stelle, wo diese von der neutralen Zone durchschnitten wird.

Beispiel. Zwei an einem Fenster vertical über einander liegende Anbohrungen der Fensterrahmen sind um a = 1,95 m von einander entfernt. Thüre und Zugloch des geheizten Ofens sind so gut als möglich verschlossen. Das Manometer steht ohne Fussplatte auf dem Fenstergesims. Der vom inneren Niveau des Manometers abgeleitete (neue) Schlauch wird zunächst frei in die Höhe der oberen Bohrung gehalten und dabei der Nullpunkt des Manometers an dem Theilstriche 90,5 abgelesen (innerer Rand des Maniskus). Der Schlauch wird nun oben angesetzt. Das Manometer geht auf 81,2 zurück. Der Ueberdruck der Zimmerluft über die Aussenluft beträgt demnach an der oberen Grenze von a

$$U_2 = 9{,}3 \text{ Theilstriche des Manometers.}$$

Derselbe Schlauch wird nun in das Niveau des unteren Bohrloches gehalten und der Nullpunkt des Manometers bei 90,4 gefunden. Nach Ansetzung des Schlauches liest man 96,0 ab. Somit besitzt an dem unteren Ende von a die äussere Luft Ueberdruck über die innere im Betrage von

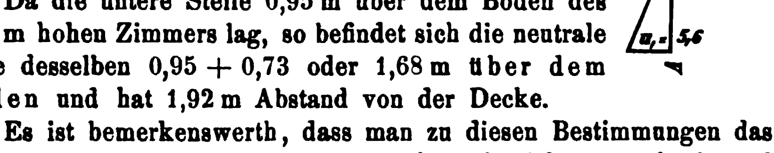
$$U_1 = 5{,}6 \text{ Theilstrichen.}$$

---

1) Würde man die Mauer nur anbohren, so könnte man natürlich nur einen Theil der Druckdifferenz erhalten, welche an dieser Stelle zwischen der äusseren und inneren Luft besteht, da in der Mauerdicke der Druck von dem äusseren zum inneren **stetig** ansteigt oder fällt. Das Gefälle ist geradlinig, wenn die Durchlässigkeit in der ganzen Dicke gleich ist. In diesem einfachsten Falle ist *CS* der Druck in *C*, wenn der Druck in *A* durch *AO*, der in *B* durch *BJ* dargestellt wird.

Die beiden beobachteten Ueberdrücke haben entgegengesetzte Richtung. Rechnet man 5,6 als positiv, so ist 9,3 negativ einzuführen. Trägt man Fig. 256 a als Strecke AB von 39 mm Länge (im Maassstab von 1 : 50) auf und errichtet man in dem einen Ende (A) eine Senkrechte von 5,6 mm Länge, so ist andem anderen (B) eine Senkrechte von 9,3 mm Länge in entgegengesetzter Richtung aufzutragen, und die Verbindungslinie der Endpunkte von U_1 und U_2 durchschneidet a in 14,5 mm Abstand von A. Das bedeutet, dass die neutrale Zone N um 50. 14,5 mm oder 0,725 m von der unteren Stelle absteht.

Fig. 256.



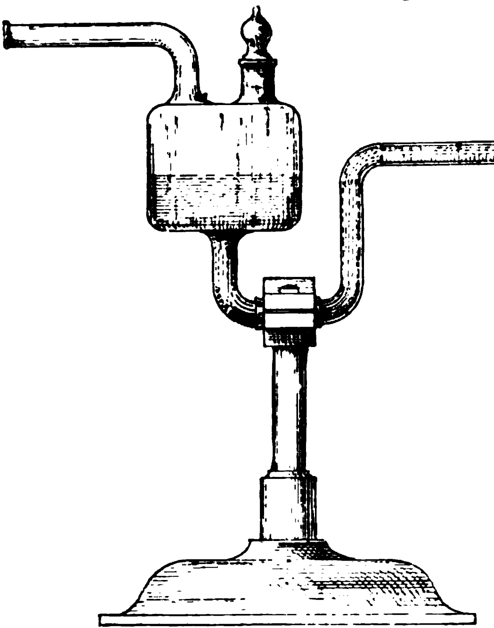
Die Rechnung würde geben

$$AN = 1,95 . \frac{5,6}{5,6 + 9,3} = 0,73.$$

Da die untere Stelle 0,95 m über dem Boden des 3,60 m hohen Zimmers lag, so befindet sich die neutrale Zone desselben 0,95 + 0,73 oder 1,68 m über dem Boden und hat 1,92 m Abstand von der Decke.

Es ist bemerkenswerth, dass man zu diesen Bestimmungen das Manometer nicht zu aichen und folglich auch nicht genau horizontal

Fig. 257.



zu stellen braucht. Nur darf sich von der ersten zur zweiten Beobachtung die Neigung nicht verändern.

Dass der Nullpunkt erst dann abgelesen wird, wenn man das Schlauchende ungefähr in die Höhe der Bohrung geführt hat, ist eine Vorsichtsmaassregel (vgl. S. 578), welche durch den Verdacht begründet ist, dass die Luft im Schlauche eine andere Temperatur haben könnte, als ihre Umgebung.

Wie man sieht, bietet die manometrische Bestimmung der neutralen Zone eines Zimmers an einem windstillen Tage keinerlei

Schwierigkeit. Es ist auch kein kostbares Instrument dazu erforderlich. Ich bediene mich dazu am liebsten eines kleinen in Fig. 257 S. 629 in $1/2$ der natürlichen Grösse abgebildeten Apparates von Glas, welchen man mit Weingeist oder Petroleum füllen und in ein gewöhnliches Stativ einklemmen kann. Nur darf man den nach den Stellen u_1, u_2 zu führenden Schlauch nicht direct vom Apparate ableiten, damit dieser nicht gezerrt wird, sondern von einem Glasrohre, welches am besten in ein anderes Stativ eingeklemmt und durch einen Schlauch mit dem Apparate verbunden ist.

Hat man dem Zimmer dadurch eine „freie“ Umgebung verschafft, dass man in allen neben ihm, unterhalb und oberhalb gelegenen Nachbarräumen längere Zeit Fenster und Thüren offen hielt, und hat man eine windstille Stunde gewählt, so ist die gefundene Höhenlage h der neutralen Zone eine charakteristische Dimension des untersuchten Zimmers, ebenso unveränderlich wie seine Tapeten, sein Fussboden oder seine Decke. Denn es hat sich zeigen lassen, dass das oben mit β bezeichnete Verhältniss dieser Dimension h zur Zimmerhöhe H nur von den Durchlässigkeitsverhältnissen der Begrenzungen, nicht aber von den Temperaturen abhängt.

Auf Grund der Messungen, welche man ausgeführt hat, um die Lage (h) der neutralen Zone zu ermitteln, lässt sich sofort etwas Bestimmtes über die Lüftungsvermögen und folglich auch über die Durchlässigkeiten der Begrenzungen aussagen.

Beispiele: 1. Ergiebt sich $h = 1/2\, H$, d. h. liegt die neutrale Zone in der Mitte der Seitenwände, so folgt auch

$$\frac{l_2 + 1/2\, l_1}{L} = 1/2$$

woraus sich, wenn man $L = l_2 + l_1 + l_0$ einsetzt und vereinfacht,

$$l_2 = l_0$$

berechnet. D. h. das Lüftungsvermögen der Decke ist dem des Bodens gleich.

In unseren gewöhnlichen prismatisch gebauten Zimmern darf die Deckfläche (q_2) ebenso gross angenommen werden wie die Bodenfläche (q_0). Es folgt dann aus $l_2 = l_0$ auch $D_2 = D_0$, d. h. die Durchlässigkeit der Decke ist der Durchlässigkeit des Bodens gleich.

Umgekehrt überzeugt man sich leicht, dass aus $l_2 = l_0$ auch $h = 1/2\, H$ folgt, so also, dass bei gleicher Construction der Zwischenböden für das zwischen ihnen liegende Zimmer die neutrale Zone in der Mitte der Höhe zu erwarten ist.

Beispiel 2. Der oben beschriebene Versuch ergab

$$\frac{h}{H} = \frac{1,68}{3,60},$$

woraus man sofort schliessen kann, dass die Decke etwas weniger durchlässig ist, als der Boden. Setzt man

$$\frac{l_2 + {}^1/_2\, l_1}{l_2 + l_1 + l_0} = \frac{168}{360},$$

so folgt

$$l_2 = {}^7/_8\, l_0 - {}^1/_{16}\, l_1,$$

d. h. bei dem untersuchten Zimmer beträgt das Lüftungsvermögen der Decke weniger als $^7/_8$ von dem Lüftungsvermögen des Bodens.

Geht man unter der Voraussetzung gleicher Flächen ($q_2 = q_0$) auf die Durchlässigkeiten über, so erhält man

$$D_2 = {}^7/_8\, D_0 - {}^1/_{16}\, \frac{q_1}{q_0}\, D_1.$$

Da das untersuchte Zimmer 7 m lang, 5 m breit, 3,6 m hoch war, so ist $\frac{q_1}{q_0} = 2{,}47$ und

$$D_2 = {}^7/_8\, D_0 - 0{,}154\, D_1.$$

Man erhält somit aus einer experimentellen Bestimmung der neutralen Zone eine Gleichung zwischen den drei Durchlässigkeiten[1]), in welcher die Durchlässigkeit D_1 der Seitenwände im Allgemeinen eine untergeordnete Rolle spielen wird.

§ 29.

Zu einer zweiten Gleichung zwischen den drei Lüftungsvermögen führt die experimentelle Ermittelung ihrer Summe oder des gesammten Lüftungsvermögens ($L = l_2 + l_1 + l_0$), welche auf folgende Weise gelingt.

Fügt man der gleichsam von selbst, vermöge der bestehenden Temperaturdifferenz, durch die Poren und Ritzen in ein Zimmer einströmenden Luftmenge noch eine weitere Luftmenge (stündlich M Kubikmeter) auf irgend eine Weise zu, indem man z. B. nahe am Boden des Zimmers eine grössere Oeffnung macht, welche die Innenluft mit der kälteren Aussenluft in Verbindung setzt, oder indem man fortgesetzt mittelst eines Ventilators Luft einbläst, so muss eine Veränderung in der Druckvertheilung vor sich gehen und folglich eine Verschiebung der neutralen Zone eintreten.

Denn da nun mehr Luft als bisher eindringt, wächst die Dichtigkeit der inneren Luft und somit ihr Druck um eine gewisse Grösse δ,

---

1) Bezeichnet man den echten Bruch $\frac{h}{H}$ mit β und löst die Gleichung

$$\frac{l_2 + {}^1/_2\, l_1}{l_2 + l_1 + l_0} = \beta$$

nach l_2 auf, so erhält man allgemein

$$l_2 = \frac{\beta}{1-\beta}\, l_0 - \frac{1-2\beta}{2(1-\beta)}\, l_1$$

welche den schon vorhandenen nach aussen gerichteten Ueberdruck p_2 verstärkt, hingegen den nach innen gerichteten Ueberdruck p_0 um ebensoviel schwächt.

Die Grösse von δ wird sich so bemessen, dass die bisherige Gleichung des Luftwechsels, bei welcher die Drücke p_0 und p_2 für die Mengen der einströmenden und ausströmenden Luft maassgebend waren, in eine neue Gleichung zwischen einer durch den Hinzutritt von M vergrösserten Einströmung und einer durch capillare Wege allein vermittelten, aber um den gleichen Betrag vergrösserten Ausströmung übergeht.

Dass letztere Wirkung nicht hervorgebracht werden kann, ohne dass die capillare Einströmung zurückgedrängt wird, folgt eben aus der allgemeinen Zunahme des inneren Druckes, die den Druck von aussen um ebensoviel schwächt, als sie den inneren verstärkt. Man erkennt somit schon ohne Weiteres, dass durch jede Zuführung von Luft, deren Abzug auf die capillaren Wege angewiesen ist, eine Verminderung der bisher auf capillaren Wegen zuströmenden Luft eintritt und somit ein Sinken der neutralen Zone aus der Höhe $h = H \frac{p_0}{p_0 + p_2}$ in die kleinere Höhe $h^1 = H \frac{p_0 - \delta}{p_0 + p_2}$ stattfindet.

Es wäre also unrichtig, anzunehmen, dass sich der Luftwechsel eines Zimmers um die ganze zugeführte Luftmenge M vergrössert. Die wirkliche Zunahme ist kleiner um den Betrag, welcher an der capillaren Zuströmung abgeht.

Ganz analog wirkt ein Abzug, welchen man der Luft eröffnet, sei es, dass man dem inneren Ueberdrucke nahe an der Decke eine grössere freie Angriffsfläche darbietet oder durch einen geheizten Kamin oder einen saugenden Ventilator grössere Luftmengen (M) zur Abströmung veranlasst.

Die Dichtigkeit der inneren Luft nimmt allgemein ab, und ihr Druck sinkt überall um δ, so dass der Ueberdruck an der Decke (p_2) in $(p_2 - \delta)$ übergeht, während der nach innen gerichtete Ueberdruck p_0 auf $p_0 + \delta$ anwächst.

Es bildet sich eine neue Gleichung zwischen den veränderten Mengen der einströmenden und abströmenden Luft, in welcher eine vermehrte Zuströmung auf den unterhalb der neutralen Zone liegenden capillaren Wegen der vergrösserten Abströmung gleichkommen muss.

Die neutrale Zone steigt deshalb von $h = H \frac{p_0}{p_0 + p_2}$ auf $h'' = H \frac{p_0 + \delta}{p_0 + p_2}$, und der auf capillaren Wegen vor sich gehende Theil

der Abströmung beschränkt sich auf einen oberen Theil der Wände, der sich nur mehr um $(H - h'')$ Meter nach unten erstreckt, während er vorher um die grössere Strecke $(H - h)$ hinabreichte.

Es sollen nun die neuen auf den künstlich verstärkten Luftwechsel bezüglichen Gleichungen gebildet werden.

Zu diesem Zwecke bildet man 1. die S. 622 unter (1 für die Einströmung gegebene Formel um, indem man M addirt, $p_0 - \delta$ statt p_0 und $h' = \frac{p_0 - \delta}{p_0 + p_2} H$ statt h setzt, und ändert die für die Abströmung aufgestellte Formel dadurch ab, dass man p_2 in $p_2 + \delta$ und h in h' übergehen lässt. Man erhält so:

$$M + q_0 D_0 (p_0 - \delta) + q_1 \frac{h'}{H} D_1 \frac{p_0 - \delta}{2}$$
$$= q_2 D_2 (p_2 + \delta) + q_1 \frac{H - h'}{H} D_1 \frac{p_2 + \delta}{2}$$

Diese Gleichung lässt sich zweckmässig umformen, indem man zunächst die Lüftungsvermögen und den Werth von h' einführt, wodurch entsteht:

$$M + l_0 (p_0 - \delta) + l_1 \frac{(p_0 - \delta)^2}{2 (p_0 + p_2)} = l_2 (p_2 + \delta) + l_1 \frac{(p_2 + \delta)^2}{2 (p_0 + p_2)}$$

Man bemerkt nun zunächst, dass die mit δ^2 behafteten Glieder beiderseits wegfallen. Das Uebrige lässt sich so anordnen, dass rechts nur die mit δ multiplicirten Glieder auftreten:

$$M + l_0 p_0 + l_1 \frac{p_0^2}{2 (p_0 + p_2)} - l_2 p_2 - l_1 \frac{p_2^2}{2 (p_0 + p_2)}$$
$$= l_0 \delta + l_1 \frac{2 p_0 \delta}{2 (p_0 + p_2)} + l_2 \delta + l_1 \frac{2 p_2 \delta}{2 (p_0 + p_2)}$$

oder nach Zusammenziehung der mit l_1 multiplicirten Glieder

$$M + l_0 p_0 + l_1 \frac{p_0 - p_2}{2} - l_2 p_2 = l_0 \delta + l_1 \delta + l_2 \delta.$$

Wird nun wieder $p_0 = h F$, $p_2 = (H - h) F$ gesetzt, wobei F, wie oben, der Gewichtsunterschied zwischen zwei Luftsäulen von der Beschaffenheit der inneren und äusseren Luft, aber 1 m Höhe bezeichnet, so entsteht:

$$M + F \left(l_0 h + l_1 \frac{2 h - H}{2} - l_2 (H - h)\right) = \delta (l_0 + l_1 + l_2).$$

Setzt man auf der linken Seite den oben ermittelten Werth von $h = H \frac{l_2 + \frac{1}{2} l_1}{l_2 + l_1 + l_0}$ ein, so wird der Factor von F gleich Null, und die Gleichung des veränderten Luftwechsels reducirt sich auf:

$$M = \delta L,$$

d. h. **vermehrt man in einem Raume (welcher bisher nur einen auf capillaren Wegen vor sich gehenden Luftwechsel hatte, auf irgend eine Weise die stündliche Zuströmung um M cbm, so wächst dadurch die Dichtigkeit der Luft im Innern so weit an, dass sie nun überall nach aussen einen um δ mm Wasser grösseren Druck ausübt als vorher, und diese Druckzunahme δ steht mit der Luftmenge M und dem Lüftungsvermögen L des Raumes in der einfachen Beziehung, dass man die zugeführte Luftmenge M erhält, wenn man das Lüftungsvermögen mit der Druckzunahme δ multiplicirt.**

Nachdem dieser für die Beurtheilung jeder einseitigen Ventilationsanlage fundamentale Satz gefunden ist, ist es nicht schwer, seinen Inhalt der Vorstellung näher zu bringen.

Das Lüftungsvermögen L ist die Luftmenge, welche stündlich durch die capillaren Wege der gesammten Raumbegrenzung entweicht, wenn man von allem Temperaturunterschiede absieht und sich vorstellt, dass das Innere durch irgend ein Mittel constant auf einem Ueberdrucke von 1 mm Wasser über die äussere Umgebung erhalten werde.

Somit ist δ L die Luftmenge, welche von dem constanten inneren Ueberdrucke δ mm Wasser stündlich durch die capillaren Wege nach aussen gedrückt wird.

Dass diese Luftmenge der zugeführten Luftmenge M gleich ist, geht aus folgender Erwägung hervor. Der neue **Beharrungszustand** kann nur dann stattfinden, wenn stündlich 1. eine dem M gleiche Luftmenge und 2. auch die unterhalb der neuen (tiefer liegenden) neutralen Zone auf capillaren Wegen noch einströmende Luftmenge oberhalb der nunmehrigen neutralen Zone durch die Poren entweicht.

Auf Grund dieser Vorstellung ist oben die Gleichung des neuen Luftwechsels angesetzt worden.

Man kann sich den neuen Beharrungszustand aber auch so vorstellen, dass sowohl die ursprünglichen den früheren Beharrungszustand bedingenden Ueberdrücke p_0 und p_2 an ihrer Stelle, als auch der neue allgemeine innere Ueberdruck δ, beide **unabhängig von einander**, jeder die ihm entsprechende Luftbewegung erzeugt. Das entspricht nicht durchaus dem Thatsächlichen, denn es verstärkt zwar oberhalb der alten neutralen Zone der überall gleiche Strom δ die schon vorhandene von p_2 verursachte Ausströmung, unterhalb aber begegnet er der von p_0 verursachten Einströmung, welche er that-

sächlich schwächt und stellenweise sogar umkehrt, während wir uns jetzt vorstellen sollen, dass beide Strömungen unbehelligt an einander vorübergehen.

Aber durch diese fictive Vorstellung wird ebenfalls ein Beharrungszustand, also eine richtige Gleichung zwischen Einströmung und Abströmung begründet. Denn besteht thatsächlich ein Beharrungszustand, so besteht er auch dieser fingirten Vorstellung gemäss, weil es für die Ausgleichung der Luftmengen gleichgültig ist, ob die sich thatsächlich gegenseitig aufhaltenden Luftmengen von Anfang an weggelassen oder (unserer Fiction gemäss) die eine in die Zuströmung, die andere, ihr gleiche, in die Abströmung eingesetzt werden.

Nun ist aber die von den ursprünglichen Drücken p_0 und p_2 verursachte frühere Strömung für sich im Gleichgewicht, folglich muss nach Eintritt des neuen Beharrungszustandes die Strömung δ die Luftmenge M hinausschaffen, oder $\delta L = M$ sein.

Nach dieser Erörterung bedarf es wohl keiner weitläufigen Beweisführung mehr zur Begründung der Behauptung, dass eine einseitige Abströmung von der Stärke M die analoge Wirkung hervorbringt, wie sie soeben für die einseitige Zuströmung nachgewiesen wurde.

Sie bewirkt im Innern eine Abnahme der Dichtigkeit, mithin eine allgemeine Abnahme des nach aussen gerichteten (p_2) und eine Zunahme des nach innen gerichteten Druckes (p_0), oder, wie man sich auch vorstellen kann, sie veranlasst zu den bisherigen bereits im Gleichgewicht befindlichen Strömungen einen weiteren, allseitig von aussen nach innen gerichteten Strom, welcher eine Luftmenge von der Grösse M von aussen auf capillaren Wegen zuführen muss.

In mathematischer Beziehung drückt sich dieser Vorgang im Vergleiche mit dem vorhin behandelten dadurch aus, dass sowohl δ als M ihre Vorzeichen wechseln. Das kann nicht hindern, dass der von δ und M unabhängige Factor von F zu Null wird und somit auch hier die Gleichung

$$M = \delta L$$

resultirt.

§ 30. *Anwendungen.*

Die nächste Anwendung der gefundenen einfachen Beziehung besteht wohl in der Ermittelung des Gesammt-Lüftungsvermögens L.

Man beobachtet mittelst des Differentialmanometers an irgend einer Stelle der freien Begrenzung des Raumes den daselbst herrschenden Ueberdruck $u_{,,}$ öffnet sodann den Kanal, der stündlich die Luft-

menge M zu- oder abführen soll und misst diese mittelst eines Anemometers. Zu dem Manometer zurückgekehrt, wird man daselbst einen anderen Ueberdruck u_2 finden. Dann ist $\pm (u_2 - u_1) = \delta$, wobei stets dasjenige Vorzeichen zu wählen ist, welches δ positiv macht. Ist δ in verticalen Millimetern Wasser ausgedrückt, dann folgt $L = \frac{M}{\delta}$.

Beispiel. In einem Zimmer wurde an einer Bohrung, welche durch den unteren Theil des Fensterrahmens geführt war, ein negativer, also einwärts gerichteter Druck beobachtet, der am Manometer einen Ausschlag vzn 5,6 Theilstrichen hervorbrachte. Nach Eröffnung eines Abzuges von 0,20 m Durchmesser erhöhte sich dieser Ausschlag auf 16,6 Theilstriche, während im Mittel aus 6 Messungen, welche je eine Minute lang an fünf Stellen des Querschnitts der Abzugsöffnung vorgenommen wurden, die Geschwindigkeit 0,88 m war.

Daraus berechnet sich die Stärke des Luftstromes zu 0,88 . 0,0314 = 0,0276 cbm per Secunde, also

$$M = 3600 . 0,0276 \text{ oder } 99 \text{ cbm.}$$

Schliesslich wurde durch Eingiessen einer gewogenen Menge Flüssigkeit (Petroleum) in das Reservoir des Manometers dessen Reductionsconstante zu 0,0136 bestimmt, woraus

$$\delta = (16,6 - 5,6)\ 0,0136 \text{ oder } 0,1496 \text{ mm}$$

Wasser gefunden wird.

$$\text{Demnach war } L = \frac{M}{\delta} = \frac{99}{0,15} \text{ oder } 660 \text{ cbm.}$$

Solche Messungen können an windstillen Wintertagen ohne alle besonderen Vorrichtungen ausgeführt werden, wenn man zunächst das Zugloch und den Aschenkasten des Ofens gut verschliesst, das Manometer abliest und sodann das ganze Ofenthürchen öffnet, um den in dasselbe eindringenden Luftstrom zu messen. Statt der Ofenthüre kann man auch ein oberes Fenster öffnen, muss sich aber zunächst überzeugen, ob in demselben nicht Zug und Gegenzug zugleich entstehen. Ist dieses der Fall, dann darf man nur mittelst eines Brettes oder Pappendeckels, welche man von unten her nach oben vorschiebt, die Oeffnung so weit verkleinern, dass sie nur noch als Abzug wirkt. Da in diesem Falle die Geschwindigkeit des Luftstromes nach oben wächst, darf man sich, wenn man einige Genauigkeit anstrebt, nicht mit einer anemometrischen Messung begnügen.

Die Kenntniss des gesammten Lüftungsvermögens L kann nun mehrfach nützlich verwerthet werden.

1. Zunächst bemerkt man, dass man in einem Zimmer von bekanntem Lüftungsvermögen über die jeweilige Wirksamkeit einer einseitigen Ventilationsanlage (also über die von einer Pulsion, einem Abzug oder auch von der Ofenfeuerung bewegte Luftmenge M) sich

sofort durch manometrische Beobachtung Aufschluss verschaffen kann. Man setzt den zum Manometer führenden Schlauch an irgend eine Stelle der Umgrenzung an und beobachtet den Einfluss, welchen daselbst die Eröffnung des Ventilationskanales auf den Druck hat. Das beobachtete δ, mit dem bereits ermittelten L multiplicirt, giebt das gewünschte M.

2. Die zur Ermittelung der neutralen Zone angestellten Versuche S. 627 ff. geben einen Zahlenwerth (β) für den Ausdruck

$$\frac{l_2 + \frac{1}{2} l_1}{L}.$$

Verbindet man damit den zuletzt ermittelten Werth von L, so erhält man sofort ($l_2 + \frac{1}{2} l_1$) in Kubikmetern

$$l_2 + \frac{1}{2} l_1 = \beta L$$

und ferner

$$l_0 + \frac{1}{2} l_1 = L - \beta L \text{ oder } (1 - \beta) L,$$

woraus auch noch

$$l_0 - l_2 = (1 - 2\beta) L$$

abgeleitet werden kann.

Beispiel. Oben ergab sich für $\frac{h}{H}$ oder β die Zahl $\frac{1,68}{3,60}$ oder $\frac{7}{15}$. Verbindet man damit den neuerdings ermittelten Werth von L = 660, so berechnet sich

$$l_2 + \frac{1}{2} l_1 = \frac{7}{15}\, 660 \text{ oder } 308 \text{ cbm}$$
$$l_0 + \frac{1}{2} l_1 = \frac{8}{15}\, 660 \;\; " \;\; 352 \;\; "$$
$$l_0 - l_2 = \frac{1}{15}\, 660 \;\; " \;\; 44 \;\; "$$

Man ist somit der Kenntniss der Lüftungsvermögen und Durchlässigkeiten bereits viel näher gekommen.

§ 31.

Eine kleine Digression kann von hier aus bereits zu einer angenäherten Schätzung des Luftwechsels führen.

Die Einströmung ist nämlich nach S. 623 Gleichung (3a von der Grösse

$$W = p_0 \left(l_0 + \frac{1}{2} l_1 \frac{h}{H} \right),$$

also kleiner als

$$p_0 (l_0 + \frac{1}{2} l_1) \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (W_a$$

weil dieses aus jenem entsteht, indem man den echten Bruch $\frac{h}{H}$ durch 1 ersetzt.

Hingegen ist die Einströmung grösser als

$$p_0 \frac{h}{H} (l_0 + \frac{1}{2} l_1) \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (W_b$$

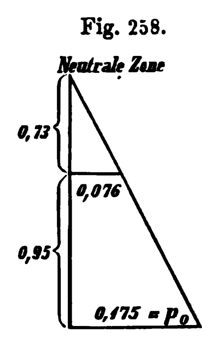
weil der letztere Ausdruck entsteht, indem in W der Bruchtheil $\frac{h}{H}$ von l_0 an die Stelle des ganzen l_0 gesetzt wird.

Der wahre Werth der Einströmung liegt somit zwischen (W_a) und (W_b), welche beide Ausdrücke aus dem Bisherigen ermittelt werden können. In unserem Beispiele ist $l_0 + \frac{1}{2} l_1 = 352$, $\frac{h}{H} = \frac{7}{15}$, und p_0 kann aus den zur Bestimmung der neutralen Zone gemachten manometrischen Messungen berechnet werden. Da diese nämlich 1,68 m über dem Fussboden liegt, und in 0,73 m Entfernung von der neutralen Zone ein von aussen nach innen gerichteter Ueberdruck von (5,6 . 0,0136) mm beobachtet wurde, besteht die Proportion

$$0{,}73 : 1{,}68 = (5{,}6 \, . \, 0{,}0136) : p_0,$$

woraus $p_0 = 0{,}175$ mm folgt.

Fig. 258.



Somit ist der natürliche Luftwechsel des Zimmers kleiner als 0,175 . 352 oder 62 cbm und grösser als $\frac{7}{15}$ dieses Betrages, nämlich 29 cbm. Daraus folgt, dass die Annahme, der Luftwechsel betrage zur Zeit $\frac{62 + 29}{2}$ oder $45\frac{1}{2}$ cbm, nicht um $(45\frac{1}{2} - 29)$ oder $16\frac{1}{2}$ cbm von der Wahrheit verschieden ist.

§ 32. *Vollständige Auswerthung der Lüftungsvermögen und Durchlässigkeiten.*

Zur vollständigen Trennung der einzelnen Lüftungsvermögen l_0, l_1, l_2 ist noch eine dritte Gleichung erforderlich.

Es wird am besten sein, zu diesem Zwecke einmal den Gesammt-Luftwechsel des Zimmers zu messen, indem man die in bestimmter Zeit eintretende Aenderung des Kohlensäuregehalts beobachtet.

Ein solcher Versuch giebt einen Zahlenwerth W für den Ausdruck $p_0\left(l_0 + \frac{1}{2} l_1 \frac{h}{H}\right)$ und kann demnach in Verbindung mit einer Bestimmung der neutralen Zone (welche $\beta = \frac{h}{H}$ liefert) und den Temperaturmessungen, auf Grund deren dann $p_0 = \beta H F$ mittelst der F-Tabelle S. 571 leicht berechnet werden kann, dienen, um eine Gleichung zu bilden, in welcher nur l_0 und l_1 unbekannt sind. Diese Gleichung ist

$$\beta H F \left(l_0 + \frac{\beta}{2} l_1\right) = W.$$

Oben wurde (mit der Bezeichnung $\frac{h}{H} = \beta$) gefunden

$$l_0 + {}^1/_2\, l_1 = (1 - \beta) L;$$

hierzu kommt nun

$$l_0 + \frac{\beta}{2} l_1 = \frac{W}{\beta H F},$$

und aus diesen beiden Gleichungen berechnet sich

$$l_1 = 2 L - \frac{2 W}{\beta (1 - \beta) H F},$$

$$l_0 = \frac{W}{\beta (1 - \beta) H F} - \beta L$$

und endlich durch Subtraction des $(l_1 + l_0)$ von L oder Vertauschung von β mit $(1 - \beta)$ im Werthe von l_0:

$$l_2 = \frac{W}{\beta (1 - \beta) H F} - (1 - \beta) L.$$

Jedes einzelne der drei Lüftungsvermögen erscheint demnach bestimmt durch die drei Grössen β, L, W, welche durch drei Versuche zu ermitteln sind. Von diesen ist nur die dritte (W) von den zur Zeit ihrer Beobachtung herrschenden Temperaturen abhängig und, wie bereits nachgewiesen, dem Factor F der Tabelle S. 571 proportional. Indem dieser Factor F auch im Nenner der Werthe von l_1, l_0, l_2 auftritt, werden dieselben unabhängig von den zur Zeit der Messung des Luftwechsels herrschenden Temperaturverhältnissen. Sollten die Durchlässigkeiten einigermaassen von der Temperatur abhängig sein, was nicht unwahrscheinlich ist, so müsste diese Abhängigkeit, sobald ihre Art erkannt ist, besonders zum Ausdruck gebracht werden.

Beispiel. In Ermangelung eines Messungsresultates soll für den Gesammtluftwechsel W des Zimmers, auf welches sich die beobachteten Werthe $L = 660$ cbm, $\beta = {}^7/_{15}$, $H F = 0{,}375$ beziehen, der obige Mittelwerth ($W = 45{,}5$ cbm) angenommen werden.

Die Rechnung giebt dann

$$l_1 = 345 \text{ cbm},$$
$$l_0 = 179{,}5 \text{ cbm},$$
$$l_2 = 135{,}5 \text{ cbm}.$$

Da das Zimmer 7 m tief und 5 m breit ist ($H = 3{,}6$), so sind die Flächen der

aufrechten Wände: $q_1 = 86{,}4$ qm
des Bodens: $q_0 = 35$ „
der Decke: $q_2 = 35$ „

Somit werden die Durchlässigkeiten:

$$D_1 = l_1 : q_1 = 4{,}0 \ \frac{\text{cbm Luft}}{\text{qm . Stunde}}$$
$$D_0 = l_0 : q_0 = 5{,}1 \quad „$$
$$D_2 = l_2 : q_2 = 3{,}6 \quad „$$

Man bemerkt, dass diese Durchlässigkeiten in Anspruch genommen werden müssen, um in einem so geräumigen Zimmer von 3,6 m Höhe und 126 cbm Inhalt bei der erheblichen Temperaturdifferenz von 24 bis 25° C. einen Luftwechsel von stündlich 45,5 cbm zu unterhalten, der eben ausreicht, um einer Person dauernd einen behaglichen Aufenthalt zu sichern.

Vergleicht man insbesondere die Durchlässigkeiten des Bodens (D_0) und der Decke (D_2) mit der Durchlässigkeit, welche Lang für Mörtel gefunden hat (S. 596), so lässt sich die Dicke (y mm) der Mörtelschichte berechnen, welche für den Verputz dieser beiden Zwischenböden in Anspruch genommen werden darf.

Mörtel hat nämlich bei 1 m Dicke die Durchlässigkeit

$$\frac{0,9}{1000},$$

und 1 qm Mörtel lässt demnach bei 1 mm Dicke stündlich 0,9 cbm Luft durch. Bei einer Dicke von y mm aber nur (0,9 : y) cbm. Es soll aber für den Fussboden sein:

$$\frac{0,9}{y_0} = 5,1, \text{ woraus } y_0 = \frac{0,9}{5,1} \text{ oder } 0,18 \text{ mm}$$

folgt. Und für die Decke

$$\frac{0,9}{y_2} = 3,6, \text{ woraus } y_2 = \frac{0,9}{3,6} \text{ oder } 0,25 \text{ mm.}$$

In der Wirklichkeit darf die Dicke eines ausgeführten Deckenverputzes auf das 50- bis 100-fache der berechneten geschätzt werden, so dass man vor einem unerklärlichen Widerspruche zu stehen scheint. Bei näherem Zusehen aber erschien im vorliegenden Falle der Verputz überall von feinen Sprüngen durchzogen und insbesondere an einer Längskante abgebröckelt. Früher war für denselben Zwischenboden die Durchlässigkeit 5,6 gefunden worden.[1]) Später, nach einer Reparatur und Weisseln mit Gyps, ergab ein directes Verfahren, bei welchem ein Blechkasten von 4 qm Bodenfläche mittelst Fensterkittes luftdicht anschliessend über einen Theil des Fussbodens gestülpt und die Stärke des Luftstroms, der sich aus einem runden Loche der Deckfläche des Kastens entwickelte, mittelst eines sehr empfindlichen statischen Anemometers gemessen wurde, noch immer die Durchlässigkeit 2,0.

Das Füllmaterial und die Dielung, welche Zwischenräume bis zu 1 cm Breite aufweist, bietet der Luftbewegung, um welche es sich hier handelt, keinen merklichen Widerstand.

1) Vgl. Theorie des natürl. Luftwechsels in den Sitzungsber. der k. b. Acad vom 6. Juli 1878 und Bd. XV der Zeitschrift für Biologie S. 65.

Für den Werth von $D_1 = 4{,}0$ sind natürlich die Steine der Mauern ebensowenig verantwortlich zu machen, wie das Holz des Fussbodens für den Werth von D_0, sondern vorzugsweise die (4) Fenster und die Thüre.

§ 33. *Grenzwerthe des Luftwechsels, welche nur durch das Gesammtlüftungsvermögen L und die Lage der neutralen Zone $\left(\frac{h}{H} = \beta\right)$ bestimmt sind.*

Indem man für die S. 639 mittelst des Luftwechsels W berechneten Lüftungsvermögen gewisse extreme Werthe setzt, welche in Wirklichkeit nicht erreicht werden, gelangt man zu extremen Werthen des Luftwechsels W, welche als Grenzwerthe desselben betrachtet werden dürfen und vor den früher aufgestellten den Vorzug haben, dass sie die Kenntniss des Lüftungsvermögens l_1 nicht voraussetzen. Zugleich bemerkt man, dass sich hier unter Umständen die Grenzen etwas enger ziehen lassen, als dieses in § 31 geschehen konnte. Die obere Grenze W_o erhält man, wenn man (unter Beibehaltung des Werthes von L) $l_1 = 0$ setzt und somit das ganze Lüftungsvermögen nur auf Boden und Decke vertheilt. Diese Grenze ist

$$W_o = \beta(1-\beta)\,H\,F\,L.$$

Die untere Grenze W_u wird erhalten, wenn man das durch die Lage der neutralen Zone bereits als das kleinere der beiden Lüftungsvermögen l_0 und l_2 erkannte als Null annimmt. Für $l_2 = 0$ ist dann

$$W_u = \beta(1-\beta)^2\,H\,F\,L;$$

das arithmetische Mittel $\frac{W_o + W_u}{2}$ oder

$$\beta(1-\beta)\left(1 - \frac{\beta}{2}\right)H\,F\,L$$

weicht dann um weniger als

$$\tfrac{1}{2}\beta^2(1-\beta)\,H\,F\,L$$

von dem wirklichen Luftwechsel W ab.

Beispiel. Mit $\beta = 7/15$, $HF = 0{,}375$, $L = 660$ wird

$$W_o = 61{,}6 \text{ cbm}$$
$$W_u = 32{,}9 \quad „$$

und der Mittelwerth 47,2 cbm weicht um weniger als 14,4 cbm von dem wirklichen Luftwechsel ab.

§ 34. *Anderes Verfahren zur Auffindung der dritten Gleichung.*

Wenn die Messung des Luftwechsels nicht mit der nöthigen Sicherheit ausgeführt werden kann, und die Schätzung, welche man

aus den Grenzwerthen gewinnt, nicht zu genügen scheint, bietet folgendes Verfahren[1]) ein Mittel, die Lüftungsvermögen durch eine dritte Gleichung zu verbinden.

Man bedeckt den Boden vollständig mittelst eines luftdichten Stoffes, während $l_0 = 0$ wird, und wiederholt die Bestimmung der neutralen Zone.

Findet man dieselbe jetzt in der Höhe $h' > h$, so ist die gesuchte dritte Gleichung:

$$l_2 + {}^1/_2\, l_1 = \frac{h'}{H}(l_2 + l_1)$$

oder, wenn man zur Abkürzung $\frac{h'}{H} = \beta'$ setzt,

$$l_2(1 - \beta') = (\beta' - {}^1/_2)\, l_1.$$

Diese Gleichung, mit der früheren

$$l_2 + {}^1/_2\, l_1 = \beta\, L$$

verbunden, ergiebt

$$l_1 = \frac{2\,\beta\,(1 - \beta')}{\beta'}\, L$$

$$l_2 = \frac{\beta\,(2\,\beta' - 1)}{\beta'}\, L$$

und wegen $l_0 = L - (l_1 + l_2)$

$$l_0 = \frac{\beta' - \beta}{\beta'}\, L.$$

Der Luftwechsel W (bei freigegebenem Boden) erscheint dann in der Form

$$W = \beta\, H\, F\left(\frac{\beta' - \beta}{\beta'} + \frac{\beta^2(1 - \beta')}{\beta'}\right) L.$$

Beispiel. Zur Ermittelung der neutralen Zone war das Manometer nach und nach mit zwei Stellen in Verbindung gebracht worden, von welchen die eine 0,95, die andere 2,90 m über dem Boden lag. An der unteren war der Ausschlag + 5,6, an der oberen — 9,2 beobachtet worden.

Findet man nach Bedeckung des Bodens unten + 10,3, oben — 4,5, so berechnet sich die nunmehrige Höhe x der neutralen Zone über der unteren Stelle aus der Proportion

$$14{,}8 : 10{,}3 = 1{,}95 : x$$
$$x = 1{,}36.$$

Somit ist $h' = 0{,}95 + 1{,}36 = 2{,}31$ m und $\beta' = \frac{h'}{H} = \frac{231}{360} = 0{,}64$, woraus dann nahezu wie oben $l_1 = 346$, $l_2 = 135$, $l_0 = 179$ und $W = 15{,}4$ folgt.

---

1) Auf dasselbe hat mich Ernst Voit brieflich aufmerksam gemacht.

§ 35. *Wie vertheilt sich die Menge der zuströmenden Luft auf die einzelnen Theile der Begrenzung?*

Kaum weniger als die Menge der zuströmenden Luft interessirt uns ihre Beschaffenheit. Der lebhafteste Luftwechsel würde uns nicht helfen, wenn die zuströmende Luft nicht rein genug wäre, um als „frische Luft" einen Ersatz für die verbrauchte Athemluft zu bieten.

Nun ist aber sofort deutlich, dass die durch den Boden eines Zimmers zuströmende Luft nicht unbedingt als frisch und rein anzusehen ist.[1]) Ist das unterhalb liegende Zimmer bewohnt, so kommt durch den Boden die Abluft herauf, welche bereits durch das Athmen der unterhalb Wohnenden verunreinigt ist, und selbst die Luft unbewohnter geschlossener Räume kann nicht als „frisch" gelten. In die Zimmer des Erdgeschosses wird im Allgemeinen Kellerluft durch den Boden eindringen, und wo der Keller fehlt, wird Grundluft einströmen, deren Reinheit von der jeweiligen Beschaffenheit des Untergrundes abhängt.

Es ist demnach wichtig zu wissen, wieviel Luft durch den Boden eindringt, damit man im Stande ist, diesen zweifelhaften Summanden aus dem ganzen Betrage des Luftwechsels auszuscheiden.

Diese Luftmenge ist aber $p_0\, l_0$, wobei l_0 das Lüftungsvermögen des Bodens und p_0 den am Boden herrschenden Ueberdruck bezeichnet. Wie beide Factoren theils durch Versuche, theils durch Rechnung bestimmt werden, ist im Vorausgehenden dargethan.

In dem behandelten Beispiele ist $l_0 = 179{,}5$ cbm, $p_0 = 0{,}175 \frac{\text{kg}}{\text{qm}}$, demnach

$$p_0\, l_0 = 31{,}4 \text{ cbm}.$$

Scheidet man diesen Summanden von dem ganzen Luftwechsel (45,5 cbm) aus, so bleibt die sehr bescheidene Zahl von 14,1 cbm, welche durch den unterhalb der neutralen Zone liegenden Theil der aufrechten Wände hereinkommt und auch direct gefunden werden kann, wenn man in den betreffenden allgemeinen Ausdruck

$$\tfrac{1}{2}\, p_0\, l_1 \frac{h}{H}$$

die Werthe $p_0 = 0{,}175$, $l_1 = 345$, $\frac{h}{H} = {}^7/_{15}$ einsetzt.

Es liegt nun offenbar hygienisch nahe, sich vor den Gasen, welche durch den Fussboden des Zimmers eindringen können, dadurch zu schützen, dass man den Boden möglichst undurchlässig macht. Was durch das Holz eindringt, kommt kaum in Betracht.

---

1) Der directe Beweis hierfür ist in der oben cit. Arbeit von Budde erbracht.

Von Bedeutung sind nur die Zwischenräume zwischen den Dielen (Klumsen). Sind diese luftdicht verschlossen, so kann der Boden als undurchlässig gelten. Ein hinreichender Verschluss der Klumsen kann bei dem gewöhnlichen Fussboden dadurch herbeigeführt werden, dass man nach sorgfältigem Reinigen derselben Holzspähne in dieselben hineinleimt und sodann den ganzen Fussboden mehrmals mit Oelfarbe anstreicht. Bei einem gut gefügten Parketboden wird der gewünschte Erfolg durch das Wichsen erzielt. Das Anstreichen eines nicht sorgfältig ausgespähnten Bodens würde eine wesentliche Aenderung seiner Durchlässigkeit nicht bewirken.

Nachdem der Boden undurchlässig gemacht ist, beschränkt sich die Zuströmung auf diejenige Luftmenge, welche unterhalb der neuen nun höher liegenden neutralen Zone durch die aufrechten Wände eindringt.

In unserem Beispiele stieg die neutrale Zone bei Undurchlässigkeit des Bodens von 1,68 m auf 2,31 m. Der Druck p_0 geht über in $p'_0 = \frac{2{,}31}{3{,}60}\, 0{,}375$ oder $0{,}24 \frac{kg}{qm}$. Das Lüftungsvermögen des Luft einlassenden Theiles ist $\frac{231}{360} l_1$ oder 221 cbm und der mittlere Druck $\frac{p'_0}{2} = 0{,}12 \frac{kg}{qm}$.

Daraus folgt ein Luftwechsel von

$$221 \,.\, 0{,}12 \text{ oder } 26{,}5 \text{ cbm},$$

an welchem sich ausser den Fensterritzen auch die Thürfugen betheiligen.

Wenn dieser Luftwechsel erzielt werden soll, muss die Decke durchlässig sein. Im Winter hat der Bewohner eines Zimmers kein Interesse daran, dass seine Zimmerdecke undurchlässig sei, wohl aber im Sommer während derjenigen Tagesstunden, in welchen das Haus kühler ist als die es umgebende Luft. Während dieser Zeit soll das Zimmer Schutz gegen die Hitze bieten. Ist aber die Decke durchlässig, so geht ein Luftstrom von oben nach unten durch dieselbe und führt im obersten Stockwerke die heisse Luft des Speichers, in den übrigen Stockwerken die bereits in den oberen Räumen benutzte Luft nach den unteren. Somit kann auch die Undurchlässigkeit der Decke wünschenswerth erscheinen, und ausserdem wird mit dem Interesse zu rechnen sein, welches der oberhalb Wohnende an der Undurchlässigkeit des ihm als Fussboden dienenden Zwischenbodens hat.

Sind nun, hygienischen Grundsätzen entsprechend,

Boden und Decke undurchlässig gemacht, so geht der Luftwechsel nur noch durch die aufrechten Wände vor sich. Die neutrale Zone liegt in der Mitte, und die Grösse des Luftwechsels ist $\frac{p_0}{2} \cdot {}^1/_2\, l_1$.

In unserem Beispiele ist $\frac{0,175}{2} \cdot {}^1/_2 \cdot 345$ oder **15,1 cbm** die Grösse des Luftwechsels.

Das ist die Luftmenge, welche im Winter durch die untere Hälfte der aufrechten Wände, wesentlich durch die Ritzen der Fenster und Thüren, von aussen eindringt, während eine gleich grosse Menge durch die obere Hälfte entweicht, während an warmen Sommertagen die umgekehrte Bewegung stattfindet.

Gegen die Beschaffenheit dieser Luft wird nichts einzuwenden sein, wenn nicht etwa die Thüre nach Räumen führt, in welchen sich schlechte Luft angesammelt hat. Aber ihre Menge ist nun trotz der günstigen Annahmen, die über die Temperaturdifferenz (24—25° C.) und über das Lüftungsvermögen l_1 (345 cbm) gemacht sind, sehr gering, sie ist zu klein, um für dauernden Aufenthalt eines einzigen Menschen zu genügen.

Da es wenige Wohnzimmer geben dürfte, in welchen das Lüftungsvermögen der aufrechten Wände grösser als 345 cbm ist, und wenig Tage, in welchen die Temperaturdifferenz 25° C. überschreitet, so ergiebt sich schon aus der geringen Stärke des Lüftungsstromes, welcher sich unter diesen Umständen entwickelt, der allgemeine Schluss, dass man das Wohnzimmer und Schlafzimmer, wenn man sich darin wohl befinden will, nicht auf den natürlichen Luftwechsel beschränken darf.

Dieser Schluss wird uns noch näher gebracht, wenn wir uns eines Uebelstandes erinnern, unter welchem wohl Jedermann schon einmal gelitten hat. Das ist der kalte Zug, welcher durch die Fensterritzen und Thürspalten in das Zimmer dringt.

Man kämpft bekanntlich gegen diese Unannehmlichkeit, welche besonders denen lästig wird, die im Zimmer still sitzen und durch ihre Beschäftigung, wie Nähen, Zeichnen u. s. w., auf viel Licht, also auf die Nähe des Fensters angewiesen sind, durch Fensterkissen, Mooskränze, Guirlanden, Tuchstreifen, Vorfenster und Vorthüren, Vorrichtungen, durch welche der natürliche Luftwechsel noch weiter beschränkt, der Uebelstand des kalten Luftzuges aber, der vom Fenster sich abwärts wendend am Boden hinstreicht, nicht völlig beseitigt werden kann.

Wenn es ein einfaches Mittel gäbe, zugleich diesen kalten Luft-

zug auszuschliessen und zugleich den Luftwechsel nach Bedarf zu verstärken, so würde — sollte man meinen — wohl keine Wohnung mehr gebaut werden, in welcher dieses Mittel nicht angewendet würde.

Solche Mittel sollen im folgenden vierten Theile angegeben werden. Sie bestehen im Allgemeinen darin, dass man den durch die Temperaturdifferenzen hervorgebrachten Ueberdrücken (wie p_o, p_u) ein geeigneteres und ergiebigeres Feld der Thätigkeit anweist, als es die zufälligen Fugen, Ritzen und Risse der Fenster, Thüren und Wände sind.

§ 36. *Einwirkung von geschlossenen Räumen, welche unterhalb oder oberhalb eines Zimmers liegen, auf den Luftwechsel des letzteren.*

Eine solche Einwirkung erfolgt offenbar nur dann, wenn die Zwischenböden durchlässig sind, und ist um so stärker, je grösser diese Durchlässigkeit ist. Im Uebrigen hängt Art und Grösse des Einflusses auch von den Temperaturverhältnissen ab.

Eine vollständige Theorie der bezüglichen Vorgänge findet man in den Sitzungsberichten der K. B. Akademie d. W. vom 6. Juli 1878 und in der Zeitschrift für Biologie Band XV. Hier sollen die in hygienischer Beziehung wichtigsten Resultate mitgetheilt werden.

1. Liegt unter einem geheizten Zimmer ein kalter abgeschlossener Raum, dessen Luft die Temperatur der äusseren hat, so dringt vermöge des nach S. 614 Fig. 251 bestehenden Ventilationsdruckes p_o aus dem kalten Raume Luft durch den Zwischenboden in das obere Zimmer ein, und es erfolgt somit im unteren Raume eine Luftverdünnung. Infolge dessen sinkt in diesem Raume der Druck unter den Druck seiner freien Umgebung so lange, bis aus dieser so viel kalte Luft nachströmt, als durch die Decke nach dem geheizten Zimmer entweicht. Der Strom nach oben ist zwar schwächer als der aus einer freien Umgebung, aber immerhin noch stark genug, um in allen Fällen, wo der untere Raum eine Ursache der Luftverschlechterung enthält, diese auf das obere Zimmer einwirken zu lassen. Der feucht dumpfige, erdige Geruch, welchen man zuweilen in Zimmern des Erdgeschosses findet, rührt von Kellerluft her, welche von dem geheizten Zimmer angesaugt wird. Derselbe tritt am auffallendsten in solchen Zimmern hervor, welche über sogenannten Balkenkellern liegen, d. h. über Kellern, welche oben nicht durch ein Gewölbe, sondern durch eine mit den gewöhnlichen Zwischenfüllungen (Holzstücke, Lehm, Sand) ausgestattete Balkenlage geschlossen sind. Aber auch Gewölbe sind nicht luftdicht. Sie werden zwar weniger durchlässig, wenn man nach Vollendung der Mauerung oben dünnflüssigen Cement in die

Fugen einpeitscht und die untere Seite mit einem gut zusammenhängenden glatten Verputz versieht; aber vollkommenen Schutz gegen die Kellerluft bietet doch nur der sorgfältig abgedichtete Fussboden (Asphalt, gewichster Parketboden).

2. Ist der untere Raum wärmer als die freie Luft, so ist der Luftstrom, der durch seine Decke nach oben geht, stärker als im vorigen Fall und wird sogar stärker, als die Zuströmung aus dem Freien wäre, sobald die Temperatur des unteren Zimmers der des oberen gleichkommt oder sie übertrifft.

3. Oberhalb gelegene geschlossene Räume üben stets eine Rückwirkung auf den Luftwechsel der unteren. Ist das untere Zimmer geheizt und das obere kalt, so ist die Abströmung durch die Decke des unteren geringer als bei freier Umgebung, hingegen stärker, wenn das obere Zimmer ebenso warm oder wärmer ist als das geheizte untere.

An warmen Sommertagen, wo das Haus kälter ist als die es umgebende Luft, geht durch den Zwischenboden ein ebenso starker Strom von oben nach unten, als er im Winter bei gleicher, aber entgegengesetzter Temperaturdifferenz von unten nach oben geht.

§ 37. *Einwirkung eines Nebenzimmers.*

Unter einem Nebenzimmer soll hier ein Raum verstanden werden, der mit dem Hauptzimmer gleiche Höhe hat und durch eine mit capillaren Luftkanälen versehene Wand von ihm getrennt ist.

Hat das Nebenzimmer eine erheblich tiefere Temperatur als das geheizte Hauptzimmer, so spielt es letzterem gegenüber der Art nach eine ähnliche Rolle wie die freie Luft, d. h. die Scheidewand hat eine neutrale Zone, unterhalb deren Luft aus dem Nebenzimmer in das Hauptzimmer eindringt, während oberhalb der Strom die entgegengesetzte Richtung hat.

Sind aber die Temperaturen nahezu oder völlig gleich, dann geht die ganze Strömung einseitig durch die Scheidewand und zwar in dasjenige der beiden Zimmer hinein, bei welchem das Verhältniss

$$\frac{\text{Durchlässigkeit der Decke}}{\text{Durchlässigkeit des Bodens}}$$

den grösseren Werth hat.

Ist dieses Verhältniss in beiden Zimmern gleich gross, sind also beispielsweise in beiden sowohl Fussboden als Decke undurchlässig gemacht, so findet bei beiderseits gleichen Temperaturen durch die Zwischenwand keine Luftströmung statt.

Der geschlossene Corridor fällt unter den Begriff des Nebenzimmers.

§ 38. *Einwirkung des Stiegenhauses.*

In dem Stiegenhause werden sich vermöge seiner bedeutenden Höhe auch bei mässiger Temperaturdifferenz bedeutende Ventilationsdrücke ausbilden, durch welche unter begünstigenden Umständen theils lebhafte Luftströmungen, theils energische Einwirkungen auf die bewohnten Räume des Hauses entstehen können. Es ist zweckmässig, die einschlägigen Verhältnisse an einem Beispiele zu studiren.

Denke man sich das Stiegenhaus eines dreistöckigen Hauses 12 m hoch, unten durch die Hausthüre, oben durch die Speicherthüre abgeschlossen. In dasselbe münden drei oder sechs Gänge (Corridore), von welchen jeder wieder durch eine Thüre gegen das Stiegenhaus abgeschlossen sein mag. Dann ist letzteres als ein selbständiger Raum zu betrachten, welcher sicher an demjenigen Theile seiner aufrechten Wand, mit dem er an das Freie grenzt, eine neutrale Zone besitzt. Dieselbe soll in der Mitte der Höhe liegen.

Für die Temperaturen sollen folgende einfache Annahmen gemacht werden:

Freie Luft 0° C.
Stiegenhaus + 10°
Sämmtliche Corridore + 15°
} Barometerstand 760 mm

Dann ist der Druck, mit dem die freie Luft an der Schwelle der Hausthüre einzudringen sucht, $0{,}274 \frac{\text{kg}}{\text{qm}}$, und ebenso stark drängt die innere Luft durch die obere Spalte der Speicherthüre hinaus.

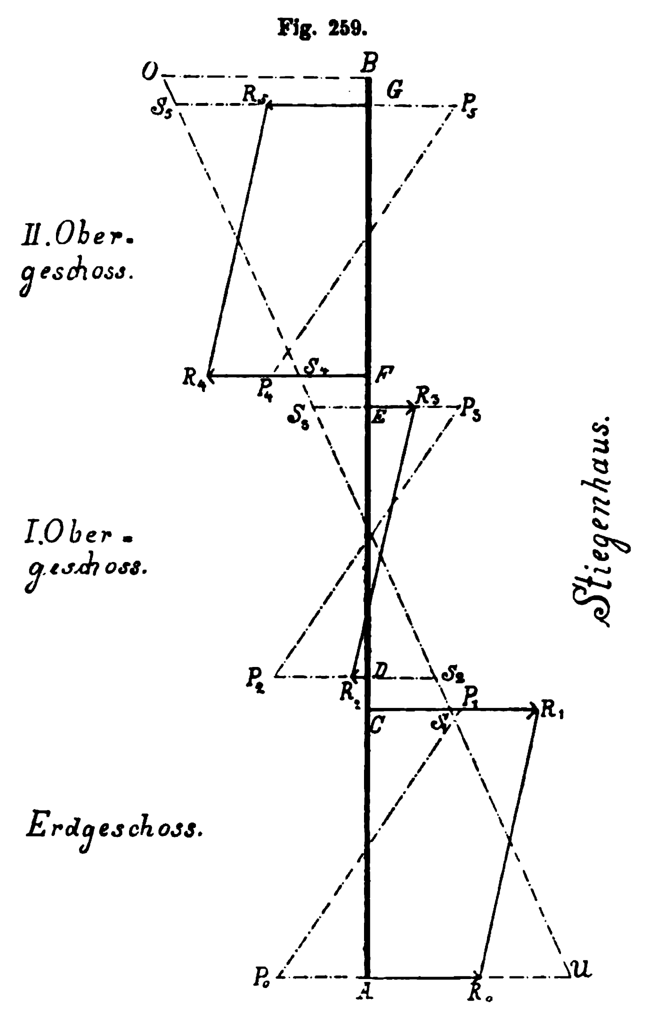
Fig. 259 S. 649 giebt eine graphische Darstellung der Druckvertheilung. Die Höhen sind im Maassstabe 1 : 100, die Drücke als Millimeter Wassersäule im Verhältniss 100 : 1 aufgetragen. AB stellt die Höhe des Stiegenhauses vor. Die Gerade UO begrenzt die Ventilationsdrücke, welche zwischen dem Stiegenhause und der freien Luft thätig sind.

Die Corridore der einzelnen Stockwerke sind der Einfachheit wegen gleich hoch, jeder zu 3,6 m angenommen und durch die Strecken AC, DE, FB dargestellt. Auch hier sollen die neutralen Zonen überall in der Mitte liegen.

Indem man nun, ebenso wie für das Stiegenhaus, so auch für jeden Corridor diejenigen Ventilationsdrücke berechnet, welche derselbe bei freier Umgebung erfahren würde, und sodann das zwischen Corridor und Stiegenhaus gedachte Vergleichsmittel (die freie Luft) ausfallen lässt, erhält man die zwischen den Corridoren und dem Stiegenhause thätigen Kräfte.

In der Fig. 259 S. 649 stellen AP_0, DP_2, FP_4 die aus dem Freien in die unteren Anschlüsse der Corridorthüren hinein, und CP_1, EP_3, GP_5 die längs der Decke der Corridore in das Freie heraus drückenden Kräfte vor, alle von der Grösse $0{,}121 \frac{kg}{qm}$.

Fig. 259.



Combinirt man dieselben mit den an gleicher Stelle stattfindenden (durch UO begrenzten) freien Drücken des Stiegenhauses AU, CS_1, DS_2, ES_3, FS_4, GS_5 durch Addition oder Subtraction, je nachdem diese Kräfte mit jenen gleiche oder entgegengesetzte Richtung haben, so erhält man die r e s u l t i r e n d e n D r ü c k e AR_0, CR_1, DR_2, ER_3,

FR_4, GR_5 zwischen dem Stiegenhause und den einzelnen Corridoren, und die Geraden R_0R_1, R_2R_3, R_4R_5 begrenzen diese Drücke, welche überall den von AB aus bis zu diesen Geraden geführten Horizontallinien proportional sind.

Vermöge dieser Vertheilung des Ventilationsdruckes geht

1. im Erdgeschosse beständig durch die Poren und Fugen und bei jedem Oeffnen der Corridorthüre durch die ganze Oeffnung derselben ein Luftstrom aus der Wohnung in das Stiegenhaus, und dieser Strom ist es vorzugsweise, dem das Stiegenhaus seine Erwärmung verdankt. Steht die Gangthüre längere Zeit offen, oder ist ein Abschluss der Wohnung im Erdgeschosse gar nicht vorhanden, so tritt jedes einzelne Zimmer dieser Wohnung dem Stiegenhause gegenüber in analoge Beziehung, wie sie soeben für den Corridor nachgewiesen wurde: das Stiegenhaus, ein hoher und geräumiger Kamin, saugt durch die auf den offenen Corridor führende Wand aus allen Zimmern des Erdgeschosses Luft ab. Es bedarf keines Instrumentes oder geschulten Beobachters, um diese Wirkung nachzuweisen, vielmehr kann jeder in einem Zimmer des Erdgeschosses still Sitzende im Winter aus der Temperatur der Luft, die durch die Fensterritzen der abgesaugten nachdringend seine Füsse umzieht, beurtheilen, ob die Corridorthüre offen oder geschlossen ist.

Aus der nachgewiesenen Wirkung des Stiegenhauses auf die Räume des Erdgeschosses erkennt man auch, dass für dieses Geschoss schwere Bedenken erhoben werden müssen gegen eine Ventilationseinrichtung, welche hier und da von Mantelofenfabriken empfohlen und ihrer leichten Ausführbarkeit wegen auch vielfach angenommen wird.

Um die hygienisch einzig richtige, aber umständlichere und von beschränkten Architekten als störende Neuerung wenig begünstigte Luftentnahme aus dem Freien zu umgehen, setzt man die Luft des Corridors durch eine im unteren Theile der Zimmerwand angebrachte Oeffnung, welche nach dem Mantel des Zimmerofens führt, mit der Zimmerluft in Verkehr und erwartet von diesem „Zuluftkanal" eine günstige hygienische Wirkung.

Ist der Corridor abgeschlossen, so lässt sich schwerlich behaupten, dass derselbe bessere Luft enthalte, als die Zimmer selbst, da er ja mit diesen nach Analogie des Nebenzimmers in Verkehr stehend fortgesetzt Luft aus denselben aufnimmt und überdies von Küche und Abtritt beeinflusst wird; ist er aber gegen das Stiegenhaus offen, so stehen die äusseren Mündungen der Zuluftkanäle unter dem Einfluss der saugenden Wirkung des Stiegenhauses, und es wird

die Menge der zuströmenden Luft selbst bei hoher Temperatur des Ofens gering sein. Bei gewöhnlicher Ofentemperatur aber nimmt die Luft einen Weg, der den Wünschen und Interessen der Zimmerbewohner gerade entgegengesetzt ist, nämlich durch den Mantel des Ofens und den „Zuluftkanal" nach dem Stiegenhause. Ich habe diese unwillkürliche Heizung des Stiegenhauses wiederholt constatirt an dem 1,5 m hohen Mantelofen eines im Erdgeschosse gelegenen Schulzimmers und dabei Temperaturen des abziehenden Luftstromes bis zu 130° beobachtet.

Trifft man eine derartige Anlage innerhalb einer abgeschlossenen Wohnung des Erdgeschosses an und will die geschilderten Uebelstände vermeiden, so muss man den Corridor geschlossen und innerhalb desselben ein Fenster offen halten. Dass dadurch der Corridor kalt und der Zweck nicht bei jeder Windrichtung erreicht wird, muss zugegeben werden.

2. Im ersten Obergeschoss ist die resultirende Wirkung des Stiegenhauses schwach und derjenigen analog, welche der Corridor in freier Umgebung erfahren würde. Somit ist hier bei fehlender oder offener Gangthüre der Mantelofen als Lüftungseinrichtung, welche ihre Zuluft dem Corridor entnimmt, insofern zulässig, als die Luft des Corridors selbst für frisch und rein gelten kann.

3. Im zweiten Obergeschoss ist der Ventilationsdruck durchweg aus dem Stiegenhause in den Corridor hinein gerichtet. Es strömt also in die abgeschlossene Wohnung durch die capillaren Wege der abschliessenden Wand, bei offener oder fehlender Gangthüre, durch den ganzen Eingang Luft aus dem Stiegenhause in die Wohnung. Im Allgemeinen wird durch diesen Druck die Luftzufuhr aus dem Corridor nach den Zimmern, also auch in etwa vorhandene Mantelöfen, deren Zuluftkanal im Corridor einmündet, wesentlich begünstigt. Ihrer Ausnützung steht das Bedenken entgegen, dass mit der aus dem Stiegenhause zuströmenden Luft die Abluft der unteren Geschosse, insbesondere des Erdgeschosses und des etwa vom Stiegenhause aus zugänglichen Kellers vermengt ist.

Noch sei bemerkt, dass die Einwirkung des geschlossenen Stiegenhauses auch bei dem Anheizen der Zimmeröfen und des Herdfeuers verspürt werden kann.

Im Erdgeschoss will das Feuer nicht brennen, Ofen und Herd ziehen nicht, wenn die Fenster geschlossen und die Gangthür offen ist; hingegen kann man im obersten Stockwerke den Zug der Kamine befördern, wenn man die Fenster schliesst und die nach dem Stiegenhause führende Thüre öffnet.

§ 39.

Ist das Stiegenhaus nicht geschlossen, indem entweder die Hausthüre oder die Speicherthüre oder beide offen stehen, dann treten wesentliche Aenderungen in der Druckvertheilung ein, welche hier noch in Kürze angedeutet werden sollen.

1. **Steht die Hausthüre offen**, dann gleicht sich an dieser Stelle der Druck so weit aus, dass die neutrale Zone weit herab rückt und sich häufig in die Oeffnung der Hausthüre selbst verlegt. Es dringt (jedenfalls durch den unteren Theil der Thüre) ein Luftstrom ein, der sich aufwärts wendet und allenthalben durch die capillaren Wege nach aussen fliesst. Die starke Aspiration auf das Erdgeschoss hört auf, und alle oberen Geschosse liegen unter Druck von Seite des Stiegenhauses. Man darf annehmen, dass schon im ersten Obergeschoss Druckverhältnisse auftreten, wie sie in Fig. 259 S. 649 für das zweite Obergeschoss eingetragen sind, während in diesem selbst sich die Wirkung nahezu verdoppelt.

2. Steht die Speicherthüre offen, während die Hausthüre geschlossen ist, dann setzt sich, falls der Speicher der Luft wenig Widerstand bietet, die Luft des Stiegenhauses oben mit der freien Luft durch einen Luftstrom ins Gleichgewicht, der durch capillare Wege in das Stiegenhaus eindringt und durch die offene Speicherthüre mit einer an kalten Wintertagen oft lästigen Geschwindigkeit entweicht.

Es tritt nun, wie vorhin das unterste, so jetzt das oberste Geschoss ungefähr in den Zustand, welchen es in freier Umgebung haben würde, alle unteren Geschosse aber sind einer **nach unten zunehmenden Saugwirkung** von Seite des Stiegenhauses ausgesetzt, welche mit Bezug auf das Beispiel der Fig. 259 S. 649 schon im ersten Obergeschosse so stark ist, wie dort im Erdgeschoss, und sich in diesem selbst nahezu verdoppelt.

3. Stehen endlich beide Thüren offen, so geht zunächst ein kräftiger Luftstrom durch das Stiegenhaus, der aber durch Abkühlung desselben allmählich die Kraft schwächt, der er seine Geschwindigkeit verdankt, und somit bald das Stiegenhaus in eine freie Umgebung verwandelt.

Schliesslich darf noch darauf aufmerksam gemacht werden dass an heissen Sommertagen und auch an Wintertagen, an welchen nach strenger Kälte Thauwetter eintritt, das Haus kühler ist als die es umgebende Luft, und folglich alle Erscheinungen in umgekehrter Richtung auftreten. Der im Sommer zu den Thüren der Häuser herauskommende kühle Strom wird wohl jedem Vorübergehenden schon durch seinen Geruch aufgefallen sein.

VIERTER THEIL.

Besondere Vorrichtungen zur Erzielung eines ausgiebigeren Luftwechsels.

Es sollen hier vorzugsweise solche Lüftungsvorrichtungen besprochen werden, welche auf Ausnutzung von Temperaturdifferenzen berechnet sind. Man unterscheidet dieselben zweckmässig in einseitige Vorrichtungen, durch welche man entweder nur für Luftzufuhr oder nur für Luftableitung sorgt, während das Uebrige auf capillare Wege verwiesen wird, und in vollständige, bei welchen sowohl Zuluft als Abluft in offenen Kanälen strömt. Es wird zunächst von einer einseitigen Lüftungseinrichtung die Rede sein, nämlich von einer Vorrichtung zur Einführung frischer Luft, mit welcher eine Abzugsvorrichtung nicht verbunden ist (Lüftung durch reine Pulsion).

§ 40.

Es hat sich im dritten Theile ergeben, dass die mittlere Durchlässigkeit aufrechter Wände unter günstigen Umständen bis auf $4 \frac{\text{cbm}}{\text{qm . Stunde}}$ anwächst, d. h. dass unter einem Ueberdrucke von 1 mm Wasser oder $1 \frac{\text{kg}}{\text{qm}}$ durchschnittlich jedes Quadratmeter der Wand stündlich 4 cbm Luft durchlassen kann.

Die Durchlässigkeit einer freien Oeffnung kann zwar streng genommen mit der Durchlässigkeit eines Systems von Capillaren nicht verglichen werden, weil sich der Luftstrom bei jener nach einem anderen Gesetze bildet, als bei diesem. Fügt man aber jedesmal den Druck hinzu, welcher die Strömung hervorruft, so lässt sich recht wohl sagen, wievielmal grösser die freie Strömung ist, als die capillare.

Für 1 mm Ueberdruck z. B. ist die Geschwindigkeit in der freien Oeffnung

$$\sqrt{\frac{2\,.\,9{,}81\,.\,1}{1{,}293}} = 3{,}9\,\text{m}.$$

Folglich dringen in jeder Secunde durch 1 qm 3,9 cbm, und in der Stunde 3600 . 3,9 oder 14 040 cbm. Somit ist bei 1 mm Ueberdruck die Durchlässigkeit der freien Oeffnung 3510 mal so gross, als die obige mittlere Durchlässigkeit einer aufrechten Zimmerbegrenzung.

Noch grösser wird die Ueberlegenheit der freien Oeffnung bei den kleinen Ueberdrücken, wie sie in der Regel durch Temperaturdifferenzen hervorgebracht werden. So lassen z. B. die aufrechten Wände bei 0,25 mm Ueberdruck nur 1 cbm durch das Quadratmeter, während durch die gleich grosse freie Oeffnung 7020 cbm gehen, und bei 0,16 mm Ueberdruck stellt sich das Verhältniss wie 1:8775.

Diese Vergleiche genügen, um darzuthun, dass eine an passender Stelle angebrachte freie Oeffnung selbst bei sehr mässigem Querschnitt und kleinen Kräften grosse Luftmengen zuführen kann.

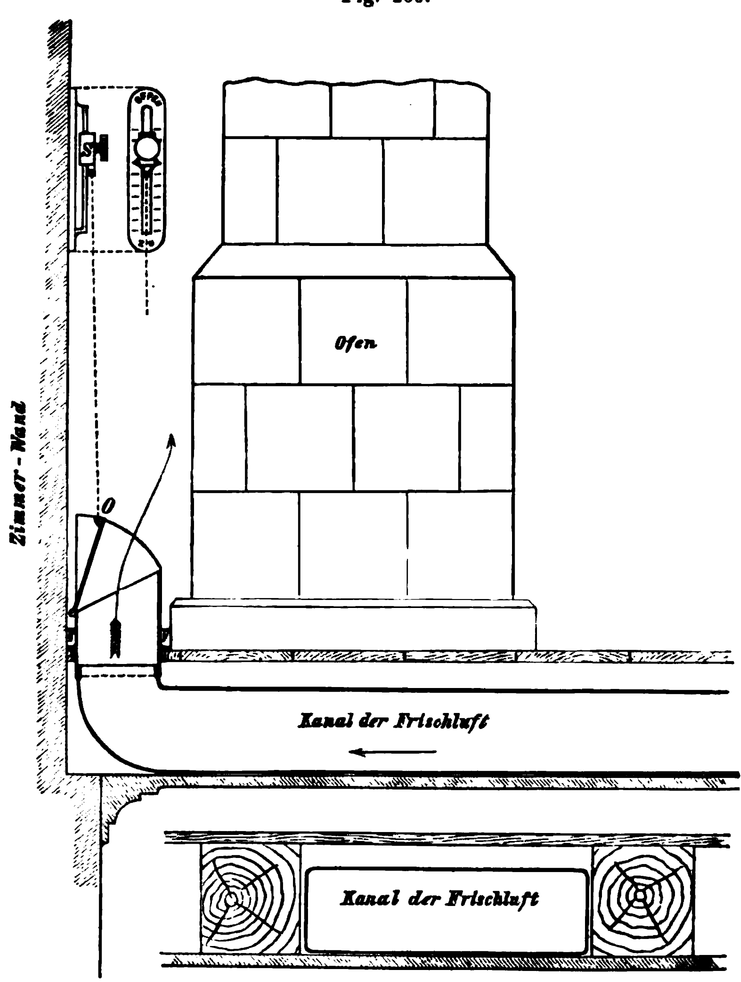
Passend ist aber die Stelle nur dann, wenn daselbst, vermöge der bestehenden Temperaturdifferenz, ein von aussen nach innen gerichteter Ueberdruck herrscht. Für die Winterlüftung ist demnach die freie Oeffnung unterhalb der neutralen Zone und um so näher am Boden anzubringen, je mehr Luft man zuzuführen wünscht, für die Sommerlüftung oberhalb der neutralen Zone so nahe wie möglich an der Decke.

Fassen wir zunächst die Winterlüftung ins Auge, so ist es unerlässlich, die frische Luft, ehe sie dem Bewohner des Zimmers zugeführt wird, auf Zimmertemperatur zu erwärmen.

Hierfür hat sich für Zimmer mit gewöhnlicher Ofenheizung folgende Einrichtung bewährt (Fig. 260). Die Ausströmung der Zuluft findet zwischen dem Ofen und der Wand des Zimmers mit aufwärts gerichteter Geschwindigkeit statt. Die Zuführung nach dieser Stelle vermittelt ein Kanal, der, wenn man den Raum selbständig lüften will, am besten unter dem Fussboden des Zimmers parallel den Tragbalken (Traben) oder Rahmenschenkeln läuft, auf welche die Dielen aufgenagelt sind. Der Querschnitt des Kanales ist dann rechteckig und passt sich in den Dimensionen der Balkenlage so an, dass er die Höhe der Füllung und als Breite den Abstand zweier Balken hat. Seine Wände können von Eisen- oder Zinkblech sein, nicht aber von Holz oder erdiger Masse. Die dem Querschnitte des Kanals gleiche Einströmungsöffnung wird demnach an der Vorderseite oder an der Rückseite des Hauses angebracht sein. Sie wird

nicht vergittert, da sie erfahrungsgemäss auch ohne Gitter von allen Thieren des darin herrschenden Zuges wegen gemieden wird und ein Gitter den Luftzug erheblich schwächt. Hingegen kann man die

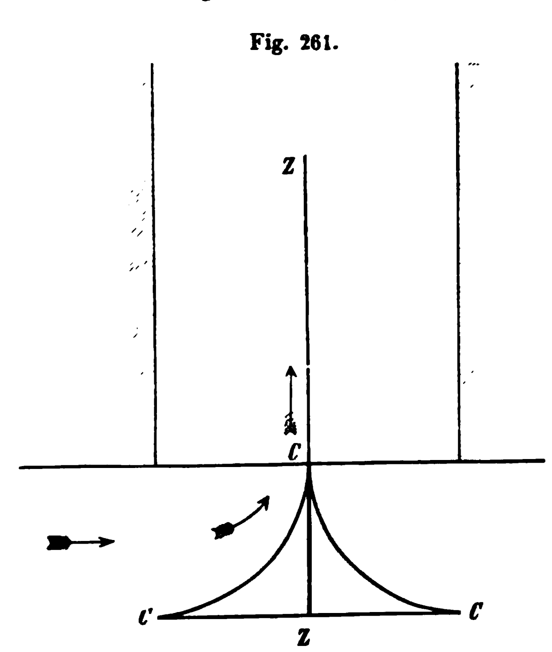
Fig. 260.



Oeffnung so verzieren, dass sie nicht den Eindruck eines zufälligen Loches macht. Ist sie an einer Stelle angebracht, wo der Wind nicht übergeht, sondern vorbeistreicht, so muss sie mit einem Windfang versehen werden, der mannigfach gestaltet sein kann (Fig. 261). Die einfachste Form ist eine Zunge ZZ, d. h. ein rechteckiges Stück

von starkem Blech, welches die Höhe des Kanales hat und den Querschnitt in zwei gleiche Theile theilt, indem es ca. 20 cm lang herausragt und sich 30 bis 40 cm weit hinein erstreckt. An diese Zunge können sich cylindrische Leitflächen *CCC* anschliessen, die ich als sehr wirksam erprobt habe. Endlich kann man den Windfang oben und unten durch eine der Ebene der Zeichnung parallele ebene Fläche abschliessen, die ich indessen für entbehrlich halte, wenn die Zunge für sich hinreichend befestigt ist, mit deren Hülfe aber aus dem ganzen Windfange ein Kästchen wird, welches man in die Kanalmündung einschieben kann.

Fig. 261.



Der Windfang ist unentbehrlich, wenn die Mündung frei liegt, weil der vorbeistreichende Wind eine ansaugende Wirkung auf die Luft der Kanalöffnung ausübt und somit den Lüftungsstrom immer schwächt und sogar vernichten oder umkehren kann. Hingegen kann der Windfang fehlen, wenn die Oeffnung eingebaut ist, also z. B. in einem durch Flügelbauten flankirten Mittelbau liegt.

Kehren wir zurück zu der hinter dem Ofen befindlichen Ausmündung (Fig. 260). Der Sockel des Ofens ist hinreichend weit von der Wand entfernt, jedenfalls um 5 cm weiter, als der Kanal hoch ist, und ist symmetrisch über den Kanal gestellt. Durch Ausschneiden der Dielen ist eine dem Querschnitt des Kanals gleiche (congruente) Oeffnung gemacht. In diese Mündung ist ein Blechkästchen eingesetzt, welches mittelst eines Falzes *FF* auf den Dielen aufsitzt. Das Blechkästchen dient zur Regulirung des Zuges und hat zu diesem Zwecke einen verstellbaren Deckel, dessen Scharnier an der Wandseite ist. Die Stellung des Deckels lässt sich auf vielfältige Art machen, z. B. durch einen federnden Daumen oder durch einen am

Kästchen befestigten gelochten Blechbogen (Quadranten), von dessen Löchern eines mit dem in einem Lappen des Deckels befindlichen Loche *O* durch einen Stift verbunden wird, oder, wenn man sich das Bücken ersparen will, durch ein in *O* eingehaktes Kettchen, welches nach einem Schieber *S* führt.

In dieser Weise richtet man den Frischluftkanal ein bei Neubauten und in solchen fertigen Räumen, wo das einmalige Aufreissen der Dielen für ein geringeres Uebel gehalten wird, als die stetige Belästigung mit schlechter Athemluft. Ich habe indessen auch schon Zuluftkanäle über dem Fussboden gesehen, welche aus der Fensternische die Wand entlang hinter den Ofen führen, daselbst einfach oben ausgeschnitten sind und mittelst eines Schiebers regulirt werden. Das lässt sich überall machen, wo die betreffende Wand, an welcher der Schlauch entlang geführt werden soll, keine unentbehrliche Thüre hat.

Wollte man die äussere Einströmungsöffnung in irgend einer Höhe über dem Fussboden anbringen und den Kanal von dort aus horizontal weiter führen, so müsste doch jedenfalls die Ausströmungsöffnung unter die neutrale Zone des Zimmers geführt und durch Wärmeisolirung dafür gesorgt werden, dass die Luft sich auf ihrem absteigenden Wege bis zum Niveau der Ausmündung nicht wesentlich erwärmt.

So könnte man z. B. den Zuluftkanal im Hausflur oberhalb der Zimmerthüre hinleiten und dem Ofen gegenüber abwärts führen. Dann könnte er unten gerade über dem Fussboden die Seitenwand durchdringen und längs der hinteren Wand bis hinter den Ofen laufen. Wenn die ganze Partie des Kanales, welche im Hausflur liegt, durch Verschalung, Baumwolle oder dgl. gegen Wärme so gut isolirt ist, dass die frische Luft mit Aussentemperatur in die horizontale Bodenleitung eintritt, ist der Effect — abgesehen von dem Leitungswiderstande, den die zwei Kniee verursachen — ebenso gross wie bei dem directen Kanale.

In dem Studirzimmer eines Arztes, der im zweiten Obergeschoss zur Miethe wohnte, habe ich einen Frischluftkanal gesehen, dessen Einmündung im Fenster lag. Die unterste Fensterscheibe war herausgenommen und durch ein starkes Blech ersetzt. Aus dem Blech war ein rundes Loch von 15 cm Durchmesser ausgeschnitten. Von diesem Loche führte ein Rohr von Zinkblech mit gut gerundeter Krümmung zunächst schräg nach unten und dann längs der Wand hinter den Ofen. Der abwärts gehende Theil des Rohres war mit einem Wattmantel umgeben. Der Effect war so vollkommen befrie-

digend, dass das kleine Zimmer, in welchem vorher eine Person schon nach kurzer Zeit anfing an Beklemmung zu leiden, nun als Sprechzimmer benutzt werden konnte und von Jedermann seiner „guten Luft“ wegen gelobt wurde.

Die Einleitung der Luft in den freien Raum zwischen Wand und Ofen ist für das Privatzimmer sehr empfehlenswerth. Will man den Zug verstärken, so kann man den Ofen mit einem 10—15 cm abstehenden Mantel aus Eisenblech umgeben und die Zuluft in diesen Mantel einleiten. Auf diese Weise kann man jeden Ofen in einen „Ventilationsofen“ verwandeln. Lässt man den Mantel 15—20 cm vom Fussboden abstehen, so hat man zugleich einen „Circulationsofen“, welcher die Vertheilung der Wärme im Zimmer begünstigt. Mündet der Zuluftkanal in einen Mantel, dann wird man statt der Klappe (Fig. 260) einen Schieber einführen, welcher zeitweises Abschliessen der Zuluft gestattet, z. B. im Wohnzimmer Morgens während des Anheizens oder zu einer anderen Zeit, in welcher das Zimmer nicht benutzt wird.

Durch die Ummantelung des Ofens kann der Heizeffect so gesteigert werden, dass trotz reichlicher Zufuhr frischer Luft eine Mehrausgabe für Heizung nicht erwächst. Ja es ist schon eine Minderausgabe constatirt worden. So konnte man z. B. den Lehrsaal der 6. Gymnasialklasse zu Passau bei —5 bis —10° C. Aussentemperatur mittelst eines mächtigen Kachelofens nicht so weit erwärmen, dass ein 3 m vom Fenster an der fensterlosen Innenwand aufgehängtes Thermometer über 8° R. stieg.

Der Kachelofen wurde in der oben angegebenen Weise mit einem Mantel umgeben und in diesen aus einem kleinen, aber mit einem grossen Fenster versehenen Vorraum ein Zuluftkanal von 40 × 50 qcm Querschnitt geführt, der, von einem Abzug unterstützt, stündlich 800—1000 cbm Luft förderte. Bei gleichem Verbrauch an Heizmaterial wurden nun an dem genannten Thermometer 10°—12° R. abgelesen, und Lehrer und (48) Schüler erfreuten sich nicht nur einer besseren, sondern auch einer wärmeren Luft.

Eiserne Oefen halte ich zu diesem Zweck weniger geeignet als Thonöfen, und das Hindurchführen der Zuluft durch eiserne Züge, welche den Flammen der Feuerung ausgesetzt sind, für fehlerhaft. Es entsteht so der gleiche Nachtheil, der zur Beseitigung der Feuerluftheizung und ihrer Ersetzung durch die kostspieligere Dampfluft-, Dampf- oder Wasserheizung geführt hat, nämlich die Vermischung der Zuluft mit den brenzlichen Producten der Röstung und trockenen Destillation von Staubtheilchen verschiedener Art, welche der Luft

beigemengt sind und erfahrungsgemäss die Athmungsorgane schwer belästigen.

§ 41. *Quantitative Leistung eines Zuluftkanales.*

Es wird vorausgesetzt, dass Fussboden und Decke abgedichtet sind, dass die aufrechten Wände die Höhe H und das Lüftungsvermögen L besitzen, und dass der Temperaturfactor (s. Tabelle S. 571) F ist (Winterventilation).

Dann liegt vor Eröffnung des Kanales die neutrale Zone in der Höhe $h = \frac{1}{2} H$ über dem Fussboden, und der Ueberdruck der äusseren Luft im Niveau des Fussbodens ist $\frac{1}{2} H F = p_0$.

Liefert der geöffnete Kanal die zu berechnende Luftmenge M, so sinkt dem S. 633 gegebenen Gesetze gemäss die neutrale Zone in die Höhe h', der Druck p_0 reducirt sich auf p'_0, so dass

$$p_0 - p'_0 = \frac{M}{L} \text{ ist}$$

oder

$$p'_0 = p_0 - \frac{M}{L} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1$$

Die Luftmenge M ist gleich dem 3600fachen Producte aus dem Querschnitte der Mündung q (qm) und der Geschwindigkeit v (m), mit welcher der Strom die Mündung verlässt.

Die Geschwindigkeit v berechnet sich aus der Erwägung, dass der Ueberdruck p'_0 nicht nur die lebendige Kraft des Cubikmeters Luft vom Gewichte s, nämlich

$$\frac{v^2 s}{2 g}$$

zu erzeugen, sondern auch die Widerstände der Leitung zu überwinden hat.

Der günstigste Fall ist, dass die Einmündung des Kanales nur durch eine ebene Zunge getheilt ist und an der Einmündungsstelle Windstille herrscht. Dann fliesst die Luft bei abgerundeter Mündung parallel der Kanalaxe ein und hat nur die Reibungswiderstände des Kanales und das abgerundete Knie (Fig. 260) zu überwinden, welches ihre Richtung nach oben lenkt.

Nennen wir w den Coefficienten des Reibungswiderstandes auf 1 m Kanallänge und ζ den Coefficienten des Kniewiderstandes, so sind in der Technik w und ζ als Coefficienten von $\frac{v^2 s}{2 g}$ verstanden, d. h. es ist angenommen, dass die Widerstände dem Quadrate der Geschwindigkeit (und der Dichtigkeit der Luft) proportional sind.

Demnach ist bei der Kanallänge l (m) und einem Knie

$$p'_0 = \frac{v^2 s}{2g} + wl\frac{v^2 s}{2g} + \zeta\frac{v^2 s}{2g}.$$

Nach H. RIETSCHEL [1]) ist $w = \frac{\varrho u}{f}$ zu setzen, wobei u den Umfang; f den Querschnitt des Kanals bezeichnet, und der Coefficient ϱ von u nicht ganz unabhängig ist, sondern aus

$$\varrho = 0{,}0065 + \frac{0{,}0604}{u - 48}$$

zu berechnen wäre, wenn hier u in cm ausgedrückt ist. Es genügt aber, bei Kanälen von nicht allzu kleinen Dimensionen für ϱ einen constanten Mittelwerth anzunehmen, der hier in der Grösse 0,008 festgehalten werden soll.

Demselben Autor gemäss ist für ζ bei abgerundeten Knieen der Werth 1 anzunehmen.

Man erhält demnach für ein Knie

$$p'_0 = \frac{v^2 s}{2g}\left(2 + \frac{\varrho u}{f} l\right),$$

so dass

$$v = \sqrt{\frac{2gp'_0}{s\left(2 + \frac{\varrho u}{f} l\right)}}.$$

Ist q_0 der Querschnitt des Kanals, so ist $q_0 v$ das in der Secunde, und 3600 $q_0 v$ das in der Stunde einströmende Volumen Luft von der Dichtigkeit s.

Um dasselbe auf normales Volumen von der Dichtigkeit 1,293 zu reduciren, hat man dasselbe mit $\frac{s}{1{,}293}$ zu multipliciren. Das ist nöthig, weil M und L als Normalvolumina verstanden sind.

Demnach ist

$$M = 3600\ qv\frac{s}{1{,}293} = 3600\ q\frac{s}{1{,}293}\sqrt{\frac{2g\left(p_0 - \frac{M}{L}\right)}{s\left(2 + \frac{\varrho u}{f} l\right)}}$$

die Gleichung, durch welche die zuströmende Luftmenge M, die in L, p_0 und s zum Ausdruck kommenden Eigenthümlichkeiten des Locals und die Temperaturen, sowie die Dimensionen der Kanalanlage (u, f, q, l) mit einander verbunden sind.

1) H. RIETSCHEL, Leitfaden zum Berechnen und Entwerfen von Lüftungs- und Heizungs-Anlagen. Berlin, J. Springer. 1893. S. 46 ff.

Setzt man der Uebersichtlichkeit wegen das Zeichen φ_0 für den Widerstandsfactor $(1 + \frac{\varrho u}{f} l)$, der auch irgend einen anderen, z. B. bei mehreren Biegungen grösseren Werth haben kann und bei widerstandslosem Luftdurchgange Null ist; ferner den Buchstaben Q_0 für das Vielfache $\frac{3600\,q}{1,293}$ des Kanalquerschnittes q_0, so wird in einfacherer Bezeichnung

$$M = Q_0 \sqrt{\frac{2gs}{1+\varphi_0}\left(p_0 - \frac{M}{L}\right)} \ldots\ldots \quad (2$$

die Gleichung, welche nach M aufzulösen ist.

Man findet

$$M = \frac{Q_0^2 gs}{(1+\varphi_0)L}\left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2p_0(1+\varphi_0)L^2}{Q_0^2 gs}}\right) \ldots \quad (3$$

Ueber den Quotienten $\frac{2p_0(1+\varphi_0)L^2}{Q_0^2 gs}$ lässt sich folgendes aussagen. Ist der Kanalquerschnitt q_0 nicht sehr klein, so dürfte der Quotient $\frac{L}{Q_0}$ selten merklich grösser als 1 sein, $(1 + \varphi_0)$ kann ungefähr auf den Werth 3 anwachsen, gs wird kaum kleiner als 11 sein, so dass der ganze Bruch etwa auf $0,6 p_0$ veranschlagt werden kann, während p_0 für gewöhnliche Verhältnisse mit 0,2 hoch veranschlagt ist. Der Werth des Bruches wird somit 0,12 nicht häufig überschreiten, so dass man versuchen kann, die Wurzel zu entwickeln, die Entwicklung im Wesentlichen auf die ersten beiden Glieder zu beschränken und dem dritten Gliede etwa die Bedeutung einer Correctur beizulegen.

Man erhält dann

$$M = \frac{Q_0^2 gs}{(1+\varphi_0)L}\left(-1 + 1 + \frac{p_0(1+\varphi_0)L^2}{Q_0^2 gs} - {}^1\!/_2\left(\frac{p_0(1+\varphi_0)L^2}{Q_0^2 gs}\right) + \ldots\right.$$

oder

$$M = p_0 L - {}^1\!/_2\, p_0 L \,.\, \frac{p_0(1+\varphi_0)L^2}{Q_0^2 gs} + \ldots\ldots$$

Daraus folgt, dass der einfache Ausdruck $p_0 L$ unter mittleren Verhältnissen bis auf ungefähr 6 Proc. genau die Menge der einströmenden Luft darstellt, und dass **Kanalquerschnitt und Widerstände so lange eine untergeordnete Bedeutung haben**, als der Kanalquerschnitt q_0 nicht dem Lüftungsvermögen (L) gegenüber allzu gering wird.

Beispiel. In dem früher untersuchten Zimmer ist nach Abdichtung des Fussbodens und der Decke L = 345 cbm, ferner war p_0

$= {}^3/_{16}$, als die äussere Temperatur nahezu — 5° C., die innere + 20° C. war. Somit giebt der Kanal etwas weniger als

$$345 \,.\, {}^3/_{16} \text{ oder } 64{,}76 \text{ cbm.}$$

Genauere Rechnung mit Zuziehung des zweiten Gliedes. Nimmt man den Kanal rechteckig **0,4 m breit, 0,2 m hoch** und 7 m lang, so ist $\frac{\varrho u}{q}$ nach Rietschel 0,11 und $\varphi = 2{,}77$

$$Q = \frac{3600 \,.\, 0{,}08}{1{,}293} \text{ oder } 222$$

und der Coefficient von $p_0 L$, nämlich

$$\frac{p_0 (1 + \varphi_0) L^2}{2 Q^2 gs} = \frac{0{,}1875 \,.\, 2{,}77 \,.\, 345^2}{2 \,.\, 222^2 \,.\, 9{,}81 \,.\, 1{,}317} \text{ oder } 0{,}0486.$$

Es gehen somit hier nicht ganz 5 (genau 4,86) Proc. des angenäherten Werthes ab, so dass der genauere Betrag der stündlich abziehenden Luftmenge (64,7 — 64,7 . 0,0486) oder (64,7 — 3,1) oder **61,6 cbm** ist.

Es lässt sich an das gegebene Zahlenbeispiel leicht eine kurze Betrachtung über den Einfluss des Kanalquerschnittes anschliessen, so dass auch die Bedingungen, unter denen er von Bedeutung ist, einigermaassen hervortreten.

Würde man den Querschnitt des Kanals in der Weise auf die Hälfte vermindern, dass man die Breite von 0,4 m auf 0,2 m reducirt, so würde der Zähler des Subtrahenden des höheren Widerstandes enger Kanäle wegen im Verhältniss von 2,77 : 3,29 zunehmen, der Nenner aber auf $^1/_4$ seines Werthes abnehmen, folglich der Subtrahend im Ganzen auf das $\frac{3{,}29 \,.\, 4}{2{,}77}$ oder 4,7 fache seines obigen Werthes anwachsen: d. h. es müssten statt 3,1 nun 4,7 . 3,1 oder 14,6 cbm abgezogen werden, so dass die Leistung des Kanals auf **50,1 cbm** zurückgehen würde, wenn nicht das folgende Glied noch einen kleinen Zuwachs von 1,5 cbm brächte.

Hingegen würde eine Vergrösserung des Kanalquerschnittes nur eine Verminderung des ohnehin kleinen Subtrahenden 3,1 herbeiführen und somit von ganz untergeordneter Bedeutung sein.

Daraus folgt als praktische Regel für die Wahl des Kanalquerschnitts q (qm), dass es genügt, wenn die Zahl

$$Q = \frac{3600 \,.\, q}{1{,}293}$$

nicht wesentlich kleiner als das Lüftungsvermögen L ist.

Diese Bedingung lässt sich schärfer so fassen.

Es genügt, wenn die Anzahl der Quadratcentimeter des

Querschnitts dem zwei- bis dreifachen Betrage des in Cubikmetern ausgedrückten Lüftungsvermögens gleich ist.

Macht man dieses, so darf man getrost auch noch einige abgerundete Kniee einschalten (also z. B. den Kanal durch den Hausflur einführen); man wird dadurch nur wenige Cubikmeter verlieren und im Grossen und Ganzen auf die Luftmenge

$$M = p_0 L = \frac{1}{2} HFL$$

rechnen dürfen.

Die ausserordentliche Einfachheit dieses Gesetzes in Verbindung mit dem auf den ersten Blick befremdenden Ergebniss, dass nicht nur die Widerstände, sondern sogar der Querschnitt des Kanals, sobald er einmal eine gewisse, dem Lüftungsvermögen angepasste, übrigens in weiten Grenzen variable Grösse erreicht hat, überhaupt nicht mehr in Frage kommt, fordert zu einer weiteren Erklärung des rechnerischen Resultates auf, die in Folgendem gegeben werden soll.

Das zweite Gesetz (S. 633) sagt aus, dass man die Luftmenge $M \frac{\text{cbm}}{\text{Stunde}}$, welche einem von porösen Wänden begrenzten Raum auf irgend eine Weise zugeführt wird, erhält, wenn man das Lüftungsvermögen L des Raumes mit der allgemeinen Vergrösserung δ des inneren Druckes multiplicirt, welche durch Eröffnung der neuen Luftquelle hervorgebracht wird. Will man nun den am Boden thätigen Druck p_0 benützen, um die Luftmenge M einzutreiben, wie es bei unserer Einrichtung geschieht, so vermehrt sich das Lüftungsvermögen des Bodens (l_0) durch die angebrachte Oeffnung so ausserordentlich, dass in dem allgemeinen Ausdrucke für die Höhe der neutralen Zone

$$h = \frac{l_2 + \frac{1}{2} l_1}{l_2 + l_1 + l_0}$$

der Nenner übermächtig gross, folglich h sehr klein wird und damit auch das dem h proportionale p_0 stark abnimmt. Freilich kann p_0 nicht ganz zu Null werden, weil in diesem Falle keine Luft mehr eingetrieben würde, aber es nähert sich dem Null so weit, dass annähernd seine Abnahme (δ) gleich dem eigenen ursprünglichen Werthe (p_0) gesetzt werden darf. Daher entsteht aus $M = \delta L$ hier die Gleichung

$$M = p_0 L,$$

welche annähernde Gültigkeit besitzt, immer aber M etwas zu gross giebt, weil der für δ angenommene Werth (p_0) grösser ist, als der wirkliche.

Andererseits ist bekannt, dass ein sehr kleiner Rest von Ueberdruck ($p_0 - \delta$) genügt, um noch Geschwindigkeiten zu erzeugen, welche einen namhaften Lüftungserfolg liefern.

Beispiel. Um in einem Querschnitt von 0,08 qm eine Geschwindigkeit v m zu erzeugen, welche stündlich 61,6 cbm Luft zuführt, darf nur

$$0{,}08 \,.\, v \,.\, 3600 = 61{,}6$$

sein. Daraus folgt $v = \frac{61{,}6}{288}$ oder 0,214 m, was an der Grenze des anemometrisch Nachweisbaren liegt.

Um diese kleine Geschwindigkeit bei Luft von — 5° C. und 760 mm Druck zu erzielen, genügt ein Ueberdruck

$$p'_0 = \frac{(0{,}214)^2 \,.\, 1{,}317}{2 \,.\, 9{,}81} \text{ oder } 0{,}00285 \frac{kg}{qm}.$$ (Vgl. Tab. S. 603.)

Der Widerstände wegen ist von diesem Drucke in unserem Beispiele ungefähr das Dreifache, bei Zuführung durch den Hausflur das fünffache aufzuwenden; aber dadurch vermindert sich p_0 und mit ihm M nur um 5 bis 8 Proc., was praktisch nicht von Belang ist.

Es ist bemerkenswerth, dass die capillare Einströmung, welche vor Eröffnung des Kanals ungefähr 16 cbm betrug, nun beinahe vollständig unterdrückt ist, weil der Druck p_0, durch welchen die Einströmung hervorgebracht wurde, bis auf geringe Ueberreste verschwunden ist und fast die ganze Wandfläche in Anspruch genommen wird, um eine den 61,6 cbm entsprechende Luftmenge hinauszulassen.

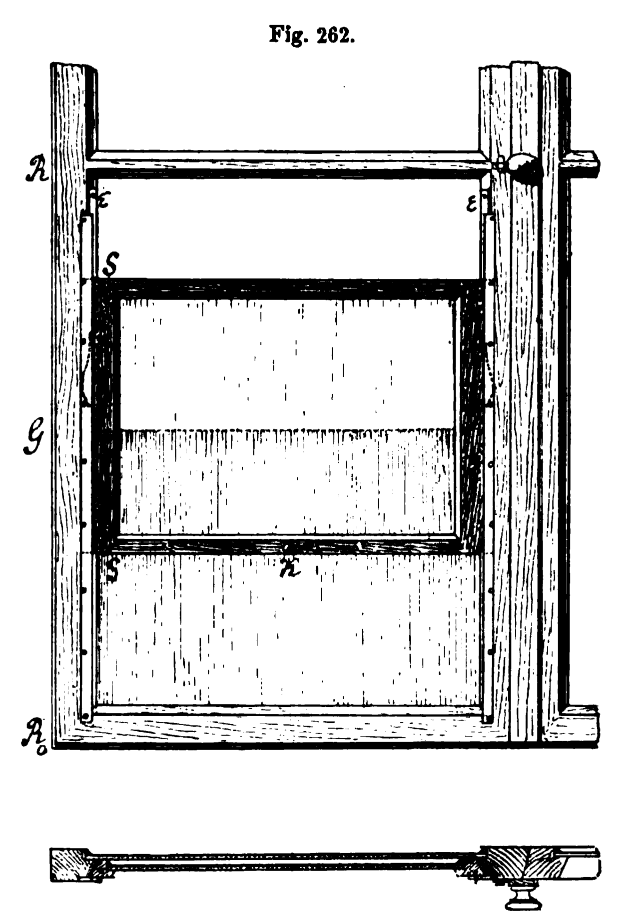
Somit ist der kalte Zug durch die Ritzen der Fenster und Thüren verschwunden.

§ 42. Verstärkung des Luftwechsels durch Hinzufügung eines Abzuges.

Der in dem durchgeführten Beispiele durch den Kanal erzielte Luftwechsel reicht ungefähr für dauernden Aufenthalt von zwei Personen aus. Da seine Grösse aber durch eine Temperaturdifferenz von fast 25° bedingt ist, und man auch bei geringerem Unterschiede der Temperaturen noch einen hinreichenden Luftwechsel wünschen kann, so muss noch ein Mittel angegeben werden, den Luftwechsel bei gegebenen Temperaturverhältnissen zu steigern. Dass dieses Mittel nicht in Erweiterung des Kanals oder Verkleinerung der Widerstände bestehen kann, ist hinreichend bewiesen. Es bleibt nichts übrig als Vergrösserung des Lüftungsvermögens oder Eröffnung eines freien Abzuges für die entweichende Luft.

Ein im Zimmer geheizter Ofen wirkt in diesem Sinne schon recht günstig und kann *bei offenem Zuluftkanal* und Schürloch den Luftwechsel um 30 bis 50 cbm steigern. Aber es sollte auch abgesehen von dieser sehr variablen Wirkung die Möglichkeit einer Steigerung des Luftwechsels gegeben sein.

Fig. 262.



Dazu können die bereits vielfach eingeführten und insbesondere in Vorfenstern angebrachten kleinen Fensterflügel dienen, welche nur eine (untere) Scheibe des ganzen Fensters zu öffnen gestatten, wenn man sie in folgender Weise umgestaltet (Fig. 262). Der Fensterflügel wird durch einen *Fensterschieber* ersetzt. Der hierfür bestimmte unterste Theil RR_0 des gewöhnlichen Fensterrahmens ist nur halb verglast und zwar in der unteren Hälfte R_0G. Die obere

Hälfte RG ist frei, kann aber durch den eingerahmten Glasschieber SS verschlossen werden, der sich in Nuten über die untere Hälfte zurückschieben lässt.

Die Nuten werden dadurch gebildet, dass man die innere Abschrägung des Fensterrahmens mit Streifen EE aus Eisenblech belegt und ebensolche Streifen vorn auf den nicht abgeschrägten Theil des Fensterrahmens aufschraubt.

Der Rahmen des Schiebers ist von Eichenholz. In seine verticalen Seiten sind Federn eingelegt, die ihn in jeder Stellung festhalten, in welche er durch Schieben an dem Messingknopf K gebracht ist.

Durch diese höchst einfache und überall ausführbare Vorrichtung kann man die Wirkung des Zuluftkanals wesentlich verstärken.

Der Nachweis hierfür und das Quantitative sind im folgenden Paragraphen enthalten.

§ 43. Wirkung eines Zuluftkanales, wenn ein freier Abzug von mehr als capillarer Weite vorhanden ist. (Vollständige Lüftungseinrichtung.)

Es wurde oben (S. 633) bewiesen, dass durch Einführung eines stetigen Luftstromes M in einen Raum, der bisher nur durch capillare Wege mit der Aussenluft verkehrte, die Dichtigkeit der inneren Luft um einen gewissen Betrag zunimmt, bis durch die allgemeine Zunahme (δ) des inneren Druckes mehr Luft als vorher durch die Capillaren hinausgetrieben wird, nämlich die Luftmenge M und das Wenige, was etwa noch unterhalb der neuen abwärts gerückten neutralen Zone auf capillaren Wegen hereinkommt.

Schafft man aber gleichzeitig die Luftmenge $m < M$ hinaus, ohne hierfür die Capillaren in Anspruch zu nehmen, so bürdet man diesen nur den Ueberschuss $M - m$ auf, und es wird sich der neue Beharrungszustand mittelst einer kleineren Druckzunahme (δ') bilden, als vorhin.

Eine leichte Ueberlegung giebt für diesen Fall die exacte Beziehung

$$M - m = \delta' L.$$

Es soll nun über die Art, wie die Luftmengen M, m herein- und hinausgeschafft werden, die besondere Annahme gemacht werden, dass dieses durch die Ueberdrücke geschehen soll, welche vermöge der zwischen Zimmer- und Aussenluft bestehenden Temperaturdifferenz vorhanden sind. (Kalter Zuluft- und ungeheizter Abluftkanal.)

Es sei wie bisher unter h die ursprüngliche Höhe der neutralen Zone über dem Boden, unter h' die veränderte Höhe verstanden, während h_0 und h_2 diejenigen Höhen vorstellen sollen, in welchen die beiden Oeffnungen von der Grösse q_0 und q_2 angebracht sind. [1])

Soll durch die Oeffnung q_0 Luft eingetrieben werden, so muss q_0 unterhalb der neuen neutralen Zone liegen, d. h. $h_0 < h'$ sein: und soll durch q_2 Luft austreten, so ist erforderlich, dass q_2 oberhalb der neuen neutralen Zone liege, d. h. dass $h_2 > h'$ sei.

Der einwärts gerichtete Druck in der Höhe h_0 ist $(h' - h_0) F$, der auswärts gerichtete in der Höhe h_2 hat die Grösse $(h_2 - h') F$, wobei F aus der Tabelle S. 571 entnommen wird.

Diese Drücke müssen, wie oben, sowohl die lebendigen Kräfte der Luftbewegung hervorbringen, als die in den Luftleitungen vorhandenen Widerstände überwinden.

Man hat somit die Gleichungen

$$(h' - h_0) F = \frac{v_0^2 s_0}{2g} (1 + \varphi_0) \ldots\ldots \quad (1$$

wobei v_0 die Geschwindigkeit, s_0 die Dichtigkeit der einströmenden Luft und φ_0 den Widerstandsfactor der Zuleitung bezeichnet, der beispielsweise oben die Grösse 1,77 hatte, und

$$(h_2 - h') F = \frac{v_2^2 s_2}{2g} (1 + \varphi_2) \ldots\ldots \quad (2$$

in welcher v_2, s_2 die analoge Bedeutung für die Abluft haben und φ_2 den Widerstand des Abzuges bezeichnet.

Die Luftmengen sind unten an der Einströmung

$$M = 3600\, q_0 v_0 \frac{s_0}{1,293} = 3600\, q_0 \frac{s_0}{1,293} \sqrt{\frac{2g (h' - h_0) F}{s_0 (1 + \varphi_0)}} \ldots \quad (3$$

und oben in der Ausströmung:

$$m = 3600\, q_2 v_2 \frac{s_2}{1,293} = 3600\, q_2 \frac{s_2}{1,293} \sqrt{\frac{2g (h_2 - h') F}{s_2 (1 + \varphi_2)}} \ldots \quad (4$$

Hier kann h' eliminirt werden, wenn man berücksichtigt, dass die oben mit δ' bezeichnete Grösse der Druck ist, der vor Eröffnung der beiden Kanäle in der Höhe h' stattfand. Dieser Druck war

$$(h - h') F = \delta'$$

und aus

$$(h - h') F = \frac{M - m}{L} \text{ folgt}$$

---

1) Bisher wurde $h_0 = 0$, d. h. die Einströmungsöffnung bündig mit dem Fussboden angenommen.

$$h' = h - \frac{M - m}{F L} \quad \ldots\ldots (5$$

Durch Substitution wird

$$M = \frac{3600\, q_0}{1{,}293} \sqrt{\frac{2 g s_0}{1 + \varphi_0} \left[(h - h_0) F - \frac{M - m}{L} \right]} \quad \ldots . \text{ I}$$

$$m = \frac{3600\, q_2}{1{,}293} \sqrt{\frac{2 g s_2}{1 + \varphi_2} \left[(h_2 - h) F + \frac{M - m}{L} \right]} \quad \ldots . \text{ II}$$

Diese Gleichungen beziehen sich auf den Fall, dass die Oeffnung q_2, durch welche die Luftmenge m abziehen soll, unmittelbar in die freie Umgebung führt, nicht aber auf den Fall, dass sie durch einen Kamin von gewisser Höhe abzieht. Würde die Luft durch einen aufrechten Kamin abziehen, dann müsste die Wirkung dieses Kamins seiner Temperatur und Höhe gemäss in Rechnung gesetzt werden, und es wäre keineswegs der Druck maassgebend, welchen die innere Luft über die äussere an der inneren Kaminöffnung besitzt. Die Theorie der Abzugskamine ist also in den vorstehenden Gleichungen nicht enthalten. Sie muss besonders entwickelt werden.

Mit Rücksicht hierauf kann man in der zweiten Gleichung den Widerstandsfactor $\varphi_2 = 0$ setzen.

§ 44.

Die nächste Aufgabe besteht darin, zu zeigen, wie viel Luft (m) von der Abzugsöffnung q_2 übernommen werden muss, damit das Zimmer, dessen capillares Lüftungsvermögen L ist, und dessen übrige hierher bezüglichen Eigenschaften durch die Grössen h und F gegeben sind, durch den Zuluftkanal eine bestimmte Luftmenge M erhält, wobei die Eigenthümlichkeiten dieses Zuluftkanals durch die Grössen q_0, φ_0 und h_0 gegeben sind.

Diese Frage wird durch die erste Gleichung (I) beantwortet. Setzt man wieder $\frac{3600\, q_0}{1{,}293} = Q_0$ und löst nach m auf, so ergiebt sich:

$$M - m = \left[(h - h_0) F - \frac{M^2 (1 + \varphi_0)}{Q_0^2\, 2 g s_0} \right] L$$

$$m = M - L \left[(h - h_0) F - \frac{M^2 (1 + \varphi_0)}{Q_0^2\, 2 g s_0} \right] \quad \ldots . \text{ Ia}$$

Will man z. B. mit Hülfe des oben beschriebenen Zuluftkanales bei einer Temperaturdifferenz von $[20 - (-5)]^0$ C. dem Zimmer stündlich 120 cbm frische Luft zuführen, so hat man in Ia einzusetzen: $q_0 = 0{,}2 \times 0{,}4$ oder 0,08 qm, also $Q_0 = 222$, ferner $1 + \varphi_0 = 2{,}77$, und $h_0 = 0$, $L = 345$, $hF = {}^1/_2\ 0{,}375$ oder $0{,}1875\ s_0 = 1{,}317$.

Dann wird

$$m = 120 - 345 \left[0{,}1875 - \left(\frac{120}{222}\right)^2 \frac{2{,}77}{2 \cdot 9{,}81 \cdot 1{,}317}\right]$$

oder

$$m = 66{,}1 \text{ cbm},$$

d. h. der Abzug hat unter diesen Verhältnissen 66,1 cbm hinauszuschaffen, damit durch den Zuluftkanal die gewünschten 120 cbm eintreten.

Es bleibt nun die Frage zu beantworten: Wo muss der Abzug angebracht werden, und wie gross muss er sein, damit er die berechneten $m = 66{,}1$ cbm fördert.

Werden die Werthe $M = 120$, $m = 66{,}1$ in die zweite Gleichung (II S. 668) eingesetzt, so bleiben in dieser noch zwei Unbekannte oder Variable, nämlich der Querschnitt q_2 und die Höhe h_2 der Abzugsöffnung, und man kann somit über eine derselben eine Annahme machen, die anderweitigen Wünschen Rechnung trägt.

Mit $\varphi_2 = 0$ nach Q_2 aufgelöst, erscheint diese Gleichung in der Form

$$Q_2 = \frac{m}{\sqrt{2 g s_2 \left[(h_2 - h) F + \frac{M - m}{L}\right]}}$$

und es ist zunächst durch passende Wahl von h_2 dafür zu sorgen, dass die Wurzel nicht imaginär wird. Das wird allerdings sicher erreicht, wenn man $h_2 \geqq h$ wählt, d. h. den Abzug über die neutrale Zone, also hier über die Hälfte der Zimmerhöhe hinauf legt; aber es ist aus Gründen der Wärmeökonomie günstig, ihn so tief als möglich anzubringen.

Um die untere Grenze für die Höhenlage h_2 des Abzuges zu finden, setzt man $h_2 = h - x$ und bestimmt in dem Ausdrucke [ ], der die Form $\left[- x F + \frac{M - m}{L}\right]$ annimmt, den mit $\bar{x}$ zu bezeichnenden grössten zulässigen Werth von x dadurch, dass man

$$- \bar{x} F + \frac{M - m}{L} = 0$$

setzt. Daraus ergiebt sich $\bar{x} = \frac{M - m}{F L}$ als grösster Werth von x, und somit wird die untere Grenze von h_2

$$\bar{h}_2 = h - \frac{M - m}{F L}$$

die gesuchte kleinste Höhe für die Lage der Abzugsöffnung. Diese

Höhe selbst ist thatsächlich nicht mehr zulässig, weil sie einen unendlich grossen Querschnitt des Abzuges erfordern würde, wohl aber jede grössere Höhe.

In unserem Beispiele ist $h = 1{,}8$, $M - m = 53{,}9$, $L = 345$, $F = 0{,}1042$, folglich

$$\underline{h_2} = 0{,}3 \text{ Meter (über dem Fussboden).}$$

Würde man dem obigen Vorschlage gemäss den Abzug in dem oberen Theile der untersten Fensterscheibe anbringen, so würde ungefähr $h_2 = 1{,}6$ m werden. Es wird dann

$$(h_2 - h)\,F = (1{,}6 - 1{,}8)\,0{,}1042 = -\,0{,}0208$$

und

$$Q_2 = \frac{66{,}1}{\sqrt{2\,.\,9{,}81\,.\,1{,}205\,(0{,}1354)}}$$

$$Q_2 = 36{,}95 \text{ qm}$$

$$q_2 = \frac{36{,}95\,.\,1{,}293}{3600}\text{ qm} = 0{,}01327 \text{ qm oder } 132{,}7 \text{ qcm.}$$

Bedenkt man, dass wegen der Contraction des Luftstrahles nur $^2/_3$ der wirklichen Oeffnung wirksam werden, so ist dieser Werth noch um seine Hälfte zu vergrössern, so dass die wirkliche Abzugsöffnung 132,7 + 66,3 oder rund **200 qcm** betragen soll.

Ist die Fensterscheibe, in welcher der S. 665 beschriebene Fensterschieber angebracht ist, 40 cm breit, so würde es genügen, den beweglichen Rahmen 5 cm weit herunterzulassen, um die in obigem Beispiele berechnete Grösse des Abzugs zu gewinnen.

§ 45.

Aus dem Bisherigen geht hervor, dass man in einem Zimmer, welches bei 25° Temperaturdifferenz dem natürlichen durch die vorhandenen capillaren Wege vor sich gehenden Luftwechsel überlassen nur $15{,}1 \frac{\text{cbm}}{\text{Stunde}}$ frische Luft erhält, durch einen im Niveau des Bodens einmündenden Z u l u f t k a n a l von (40 × 20) qcm a l l e i n $61{,}6 \frac{\text{cbm}}{\text{Stunde}}$ frische Luft verschaffen kann, und dass man durch Hinzufügung einer in der unteren Fensterscheibe angebrachten A b z u g s ö f f n u n g von 200 qcm die Leistung jenes Zuluftkanales auf $120 \frac{\text{cbm}}{\text{Stunde}}$ steigern kann.

Dazu kommt, dass jene 15,1 cbm nicht erhalten werden, ohne dass kalte Luft durch den unteren Theil der Fensterritzen eindringt und den Aufenthalt in der Nähe der Fenster unzuträglich macht,

während sowohl die 61,6 cbm als die 120 cbm erhalten werden, während die Fensterritzen vollständig im Bereiche der Ausströmung liegen.

Ich vertraue, dass mir Viele beipflichten, wenn ich den Vortheil einer von kaltem Zuge vollständig freien Lüftung sehr hoch anschlage, und glaube, es sei Aufgabe jeder Lüftungseinrichtung, nicht nur selbst keinen kalten Zug zu erzeugen, sondern auch den von dem natürlichen Luftwechsel herrührenden kalten Zug zu beseitigen. Die Wohnlichkeit unserer Zimmer würde dadurch wesentlich erhöht werden.

In diesem Sinne soll die Untersuchung weiter geführt und demnach die grösste zulässige Höhe der durch die Anlage bedingten neutralen Zone ein für allemal auf die Höhe der Fensterbrüstung fixirt werden. Diese dürfte selten unter 0,8 m liegen. Indessen soll die allgemeine Bezeichnung h' für diese Constante beibehalten werden.

Durch den Entschluss, ein Maximum für h' festzusetzen, ist die diesem Maximum entsprechende Differenz der beiden freien Strömungen $(M - m)$ mittelst der Gleichung (5 S. 668 bestimmt, nämlich

$$M - m = (h - h')\,F\,L \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (5a$$

Zugleich ist, wenn der Querschnitt q_0 des Zuluftkanales bekannt oder den localen Verhältnissen angepasst ist, die mit diesem Querschnitt erreichbare Maximalmenge M der Zuluft aus Gleichung (3 S. 667 berechenbar.

Es folgt dann die zugehörige Abluft m aus (5a) und der Querschnitt q_2 der Abluftöffnung aus Gleichung (4 S. 667.

Der Gang der Rechnung wäre demnach nach Einsetzung des zugfreien Werthes von h' folgender:

$$M = \frac{3600}{1{,}293}\, q_0 \sqrt{\frac{2 g s_0}{1 + \varphi_0}\,(h' - h_0)}\, F,$$

$$m = M - (h - h')\,F\,L,$$

$$q_2 = \frac{1{,}293}{3600}\,\frac{m}{\sqrt{2 g s_2 (h_2 - h')}\, F}.$$

Durch Substitution, oder indem man die Gleichung (4 von (3 subtrahirt und für $M - m$ aus Gleichung 5a einsetzt, kann man sich auch eine directe Beziehung zwischen den beiden Querschnitten q_0 und q_2 verschaffen, welche der durch den Grenzwerth h' beschränkten Maximalleistung der Anlage entspricht.

Man findet:

$$q_2 = q_0 \sqrt{\frac{1}{1 + \varphi_0}} \sqrt{\frac{(h' - h_0)\, s_0}{(h_2 - h')\, s_2}} - \frac{1{,}293}{3600}\, L \sqrt{\frac{F}{2 g}}\, \frac{h - h'}{\sqrt{(h_2 - h')\, s_2}},$$

und die beiden Glieder auf der rechten Seite haben eine leicht angebbare Bedeutung:

Das erste stellt die Grösse der Abluftöffnung für den Fall dar, dass $L = 0$, d. h. die Wände des Zimmers vollständig undurchlässig sind und somit keinen Bruchtheil der Abluft befördern können.

Das zweite Glied giebt an, um wieviel der Querschnitt q_2 der freien Abluftöffnung deshalb kleiner sein kann, weil die capillaren Kanäle der Wände einen Theil der Abluft übernehmen.

Beispiel. Es soll die Maximalleistung des oben beschriebenen Zuluftkanales ($q_0 = 40 \times 20$) und der zugehörige Querschnitt (q_2) der Abluftöffnung berechnet werden, wenn gefordert wird, dass während der Thätigkeit der Lüftungsanlage die neutrale Zone höchstens 0,8 m über dem Boden liege, während die Abluftöffnung als Fensterschieber in einer Höhe von 1,6 m über dem Boden angebracht ist.

Rechnet man zunächst ohne Rücksicht auf die Durchlässigkeit der Wände, indem man sich auf das erste Glied beschränkt, so hat man $\varphi_0 = 1{,}77$, $h' = 0{,}8$, $h_0 = 0$, $h_2 = 1{,}6$, ferner, wenn die äussere Temperatur zu -5^0, die innere zu $+20^0$ angenommen wird, $s_0 = 1{,}317$, $s_2 = 1{,}205$ zu setzen und erhält

$$q_2 = 0{,}628\, q_0.$$

Dass man hier, wo die beiden Kanalmündungen in gleichem Abstande (0,8) von der neutralen Zone liegen, nicht einfach $q_2 = q_0 \sqrt{\frac{s_0}{s_2}}$ findet, sondern einen erheblich kleineren Werth, hat seinen Grund in der Annahme eines erheblichen Widerstandes (φ_0) der Zuleitung, während die Ableitung ohne Widerstand gedacht ist.

Zur Berechnung des Einflusses, welchen die Durchlässigkeit der Wände übt, hat man

$$L = 345, \quad F = 0{,}1042, \quad g = 9{,}81, \quad h = 1{,}8$$

zu setzen und findet den Werth 0,0092 qm für den Subtrahenden, d. h. die oberhalb der neutralen Zone ($h' = 0{,}8$) liegenden Partien der Wände ersetzen hier einen Theil der freien Abluftöffnung von der Grösse 0,0092 qm. Mit Berücksichtigung dieser Entlastung ist

$$q_2 = 0{,}628\, q_0 - 0{,}0092 \text{ (qm)}.$$

Es ist bemerkenswerth, dass das erste Glied von der ursprünglichen Lage der neutralen Zone unabhängig und selbst von der Temperatur nur wenig beeinflusst ist, während der Subtrahend der Quadratwurzel aus der Temperaturdifferenz und der Strecke $(h - h')$ proportional ist, um welche die neue neutrale Zone unterhalb der alten liegt.

Führt man noch $q_0 = 0{,}08$ qm ein, so folgt

$$q_2 = 0{,}050 - 0{,}009 \text{ oder } 0{,}041 \text{ qm}.$$

Ferner erhält man die Leistung des Frischluftkanals

$$M = 196 \frac{\text{cbm}}{\text{Stunde}},$$

während

$$m = 196 - 1 \,.\, 0{,}1042 \,.\, 345$$

$$= 196 - 36 \text{ oder } 160 \frac{\text{cbm}}{\text{Stunde}}$$

die durch die Abluftöffnung ausströmende Luftmenge ist. Die subtrahirten 36 cbm gehen durch den oberen Theil der Wände hinaus.

Das berechnete q_2 ist der wirksame Querschnitt der Abluftöffnung. Mit Rücksicht auf die Contraction darf die wirklich der Abluft zu eröffnende Fläche auf $^3/_2 \,.\, 0{,}041$ oder 0,06 qm veranschlagt werden.

Man entnimmt diesen Ausführungen, dass man mittelst eines im Niveau des Fussbodens eingeführten Zuluftkanales von mässigem Querschnitt (0,08 qm) und einer leicht zugänglichen, etwa in der untersten Fensterscheibe anzubringenden Abluftöffnung von etwas geringerem Querschnitt (0,06 qm) einen ansehnlichen Luftwechsel erzeugen kann, während zugleich der bei der natürlichen Ventilation unvermeidliche kalte Zug durch die Fensterritzen ausgeschlossen ist.

Man erhält bei 25° Temperaturdifferenz stündlich 196 cbm frische Luft, was für dauernden Aufenthalt von 6 Personen ausreicht.

Behält man die Grösse und Anordnung der Querschnitte bei, so vermindert sich die Menge der frischen Luft nahezu proportional der Quadratwurzel aus der Temperaturdifferenz, so dass z. B. bei 16° Temperaturdifferenz $^4/_5 \,.\, 196$ oder 160 cbm, bei 9° Temperaturdifferenz $^3/_5 \,.\, 196$ oder 120 cbm und selbst bei 4° Temperaturdifferenz noch ca. $^2/_5$ des Obigen, also ca. 80 cbm einströmen.

Bei praktischer Ausführung dieses Systems wird man den Zuluftkanal so weit anlegen, als es die Umstände gestatten, und eine untere Fensterscheibe so mit dem Schieber versehen, dass ihre obere Hälfte als Abluftöffnung zur Verfügung steht. Dann lässt sich leicht durch Probiren (successives Aufwärtsschieben) diejenige Schieberstellung ermitteln, bei welcher es nicht mehr durch die Fensterritzen hereinzieht.

Sollte die so erhaltene Lüftung zu reichlich erscheinen, so wird zunächst der Abluftschieber noch weiter aufwärts geschoben oder auch vollständig geschlossen. Letzteres wird insbesondere an windigen Tagen zu empfehlen sein, weil an solchen der Zuluftkanal allein, wenn er mit der Zunge versehen ist, hinreichend frische Luft zuführt.

Scheint auch die Wirkung des Zuluftkanales allein noch grösser als der Bedarf, z. B. bei Nacht im Wohnzimmer, bei Tage im Schlaf-

zimmer, dann erst macht man von der Regulirvorrichtung seines Deckels Gebrauch.

Der Fensterschieber ist nur in Verbindung mit einem Zuluftkanal eine rationelle Lüftungsvorrichtung, ohne denselben bedeutungslos, falls man ihn nicht etwa als Fenster, das man bequem viel oder wenig öffnen kann, dem gewöhnlichen, um Scharniere drehbaren Fensterflügel vorzieht. Seine Wirksamkeit als einzige Lüftungsvorrichtung könnte nur die eines geöffneten Fensters sein, welches im Allgemeinen Strom und Gegenstrom giebt, d. h. durch den unteren Theil kalte Aussenluft einlässt, während durch den oberen Theil warme Zimmerluft entweicht. Würde aber die oberste Scheibe mit dem Schieber versehen, dann könnte man sich durch vorsichtiges Oeffnen einen einseitigen Abzug verschaffen, durch welchen Luft abströmt, die durch capillare Wege eingedrungen ist; aber eine rationelle Lüftungsvorrichtung könnte man das nicht nennen, wie im Folgenden näher ausgeführt werden soll.

§ 46. Der Abzug ohne Zuluftkanal. Art der Wirkung.

Wenn in einem Gastzimmer die Klagen der Gäste über schlechte Luft, Tabaksqualm u. dgl. anfangen dringlicher zu werden, dann entschliesst sich der Wirth zur Einrichtung einer „Ventilation“. Da die Klage sich auf etwas bezieht, was sich im Zimmer befindet, so richten sich die Gedanken natürlich dahin, das Corpus delecti aus dem Zimmer hinaus zu schaffen, und man glaubt hierfür jedenfalls das nächste und beste Mittel zu wählen, wenn man für die „verdorbene“ Luft einen Abzug einrichtet. Dieser Abzug erscheint dann unter verschiedenen Formen, z. B. in der obersten Ecke der obersten Fensterscheibe als Ventilationsrädchen, welches durch sein Blechgerassel, wenn nicht immer, so doch wenn die Thüre aufgeht, den Anwesenden die Ansicht beibringt, dass „in dieser Beziehung“ etwas geschehen sei. Oder es ist nahe an der Decke ein rundes oder viereckiges Loch ausgebrochen, welches selten direct ins Freie, zuweilen in einen an der äusseren Grundmauer aufwärts gebogenen Rohrstutzen, häufig in denselben Kamin einmündet, welcher die Rauchgase des Zimmerofens aufnimmt und fast immer mit einer Flamme versehen ist, deren flackernde Unruhe den gleichen Trost gewährt, wie das Geräusch des „Ventilationsrädchens“.

Bei Anlage solcher Abzüge dürfte der Gedanke, dass kein Liter Luft durch dieselben hinausgeht, wenn nicht gleichzeitig ein anderes Liter in das Zimmer eindringt, selten gegenwärtig sein, sonst würde auch die Frage, woher diese Luft kommen soll und wie es sich mit

ihrer Reinheit und Temperatur verhält, nicht wohl ausbleiben und ernste Erwägungen über die Zweckmässigkeit der Anlage veranlassen.

Der Misserfolg kann nicht ausbleiben. Entweder leistet die Vorrichtung zu wenig, als dass sie überhaupt eine merkliche Aenderung des früheren Zustandes herbeiführen könnte, oder sie bringt eine bemerkbare Wirkung hervor, dann zieht es so stark zu den Fenstern herein, dass Niemand seinen Platz in der Nähe derselben wählen mag; um die Füsse ist es überall ungemüthlich kalt, und so oft die Thüre aufgeht, stürzt ein Schwall kalter Luft herein, der bis weit in das Zimmer hinein fühlbar wird.

Alle diese Unannehmlichkeiten sind aber nothwendige Wirkungen des einseitigen Abzugs, wie immer derselbe angelegt sein mag. Indem er die Menge der aus dem Zimmer ausströmenden Luft vergrössert, nimmt die Dichtigkeit und mit ihr die Spannkraft der inneren Luft so lange ab, bis der Ueberdruck der gegenüberstehenden äusseren Luft gross genug geworden ist, um eine der abziehenden gleich grosse Luftmenge durch Poren, Fugen und Spalten in das Zimmer zu schaffen.

Dieser Ausgleich kann sich nur in der Weise vollziehen, dass die neutrale Zone weiter hinauf rückt. Und das hat zur Folge, dass solche Theile der aufrechten Wände, durch welche früher Luft hinausging, nun der Einströmung dienen, und dass an den bisher schon Luft einlassenden Stellen der Ueberdruck der äusseren Luft und mithin die Stärke der Einströmung wächst.

Die aus dem Freien eintretende Luft ist kalt, sinkt deshalb an den Wänden herab und zieht den Boden entlang gegen den Ofen und die Stelle des Zimmers, wo der Abzug einen aufsteigenden Luftstrom veranlasst.

Ausserdem veranlasst oder steigert der einseitige Abzug auch Zuströmungen aus angrenzenden Räumen, deren Luftinhalt nicht nothwendig zur Verbesserung der Athemluft beiträgt.

In quantitativer Beziehung leistet ein in der Decke selbst oder nahe derselben angebrachter Abzug, der die Luft unmittelbar ins Freie führt, nicht mehr und nicht weniger als eine im Boden oder nahe demselben angebrachte Zuluftöffnung: die Grösse des Luftwechsels wird durch beide Vorrichtungen in ganz gleichem Maasse gesteigert, d. h. es zieht vermöge der Thätigkeit des Abzugs nicht mehr Luft ab, als abziehen würde, wenn man statt des Abzugs einen Zuluftkanal geöffnet hätte; aber der Abzug sichert nicht wie ein Zuluftkanal den Ersatz der abziehenden durch frische Luft, sondern er überlässt es der Gelegenheit, von welcher Beschaffenheit die zuströmende Luft ist. Der einseitige Abzug vergrössert einen Uebel-

stand, unter welchem wir schon vor seiner Eröffnung gelitten haben, den kalten Zug durch die Fugen der Fenster und Thüren, während der Zuluftkanal denselben unterdrückt.

Ist endlich der Abzug da, wo er am wirksamsten ist, nämlich oben, nahe an der Zimmerdecke angebracht, so befördert er die warme Luft, welche über dem Ofen aufsteigt und sich zunächst der Zimmerdecke entlang ausbreitet, unmittelbar aus dem Zimmer hinaus und beeinträchtigt auf diese Weise die Wärmeökonomie, während der Luftstrom, der aus einem Zuluftkanal aufsteigt, die warme Luft von der Decke verdrängt, sie veranlasst, tiefer zu gehen, und so durch Beschleunigung der Circulation den Heizeffect vergrössert.

Es kann somit von einer Ventilationsanlage, die nur aus Abzügen bestehen soll, nichts Zufriedenstellendes erwartet werden. Hingegen kann, wie aus dem Vorausgegangenen erhellt, der Abzug als Gehülfe des Zuluftkanales dessen Wirkung erheblich steigern, ohne dass die Unannehmlichkeiten in den Kauf genommen werden müssen, welche wir als unvermeidliche Nachtheile des isolirten Abzuges erkannt haben.

Nachdem im Vorausgehenden die Theorie der mit dem Frischluftkanal combinirten einfachen Abzugsöffnung gegeben ist, soll nun die Wirkung dieser Combination für den Fall erörtert werden, dass der Abzug in Form eines verticalen Kamines ausgeführt ist.

§ 47. *Der Abzugskamin.*

Allgemeiner Ausdruck für die Zugkraft desselben.

Der Kamin wird irgendwo in die Mauer eingebaut sein und bleibt entweder den Einflüssen seiner Umgebung überlassen oder wird durch besondere Vorrichtungen erwärmt (Lockkamin).

Die Rücksicht auf die Wärmeökonomie würde verlangen, dass die Einströmungsöffnung möglichst tief, nahe am Fussboden, angebracht wird, damit die warme Luft von der Decke herabgezogen wird. Es fragt sich nur, ob ein solcher Kamin zieht. Die Antwort auf diese Frage muss aus einer Erwägung über die Druckverhältnisse an der Einmündungsstelle folgen. Besitzt an dieser Stelle die Zimmerluft Ueberdruck über die Kaminluft, dann zieht der Kamin; besteht daselbst kein Ueberdruck, dann zieht er nicht; und ist ebenda der Druck der Zimmerluft schwächer als der Druck der Kaminluft, dann wirkt der Kamin nicht als Abzug, sondern als Zuluftkanal.

Am einfachsten ist die Entscheidung, wenn man sich vorstellt, der für sich vollkommen luftdicht ausgeführte Kamin münde so ins Freie, dass seine Ausmündung mit der Zimmerdecke in einer Ebene liegt.

Hat dann die Kaminluft die gleiche Temperatur wie die Zimmerluft, von der wir voraussetzen, dass sie wärmer ist als die freie Luft, dann zieht der Kamin immer, wo auch seine Einmündung liegen mag, und die Kraft, welche für die Bewegung der Luft und die Ueberwindung der Widerstände des Kamins zur Verfügung steht, ist dem Ueberdrucke gleich, den die Innenluft an der Zimmerdecke über die Aussenluft besitzt.[1])

Hat aber die Kaminluft die Temperatur der Aussenluft, dann hängt die Wirkung des Kamins von der Lage der Einmündung ab: der Kamin zieht nicht, wenn die (horizontal gedachte) Einmündung in der neutralen Zone liegt, er zieht, wenn die Einmündung über der neutralen Zone liegt, und er wirkt als Zuluftkanal mit abwärts gerichteter Strömung, wenn die Oeffnung, welche als Einmündung dienen sollte, unterhalb der neutralen Zone angebracht ist.[2])

Ist die Ebene der Einmündung vertical und wird von der neutralen Zone durchschnitten, so entstehen im Kamin Gegenströmungen.

Geht man zunächst von dem allgemeinen Fall aus, dass die Kaminluft irgend eine Temperatur (t_k) besitzt und s_k das durchschnittliche Gewicht eines Cubikmeters Kaminluft ist, während s_a das Gewicht eines Cubikmeters Aussenluft bezeichnet, so lässt sich die Kraft, von welcher die Zimmerluft in die Kaminmündung getrieben wird,

---

1) Der Beweis für diese Behauptung liegt in Folgendem. Liegt die neutrale Zone in der Höhe h, die Einmündung in der Höhe $h_2 < h$, während H die Höhe des Zimmers ist und die Ausmündung des Kamins im Niveau der Decke liegt, so ist in der Höhe h_2 der äussere Luftdruck (A) um $(h - h_2)$ F grösser, als der innere (I) (Seite 568). Da sich aber die Kaminluft in der Höhe H mit der äusseren ins Gleichgewicht setzt, ist der äussere Luftdruck (A) in der Höhe h_2 um $(H - h_2)$ F grösser als der Gegendruck (K) der Kaminluft. D. h.

$$A - I = (h - h_2) F$$
$$A - K = (H - h_2) F$$

woraus $I - K = (H - h) F$ folgt. Es eliminirt sich also die Lage h_2 der Einmündung, und die daselbst in den Kamin hineinwirkende Kraft (I — K) ist, wie behauptet, ebenso gross wie der Ueberdruck, den die innere Luft an der Zimmerdecke über die äussere besitzt.

2) Steht ein Kamin, der zum Abzug der Rauchgase eines Ofens dienen soll, längere Zeit kalt, und es soll der Ofen an einem Tage, an welchem die äussere Temperatur, z. B. infolge eingetretenen Thauwetters, weniger tief ist, geheizt werden, dann raucht der beste Ofen, weil ein kalter Luftstrom durch den Kamin herabkommt. Derselbe kann zuweilen bewältigt werden durch den stärkeren warmen Strom, der ein ausserhalb des Ofens entzündetes und sodann in den Ofen eingeführtes Strohfeuer umgiebt, oder auch durch den Wind, indem man ein Fenster auf der Windseite öffnet und dieses, wenn es sich nicht im Zimmer selbst befindet, durch Oeffnen der Thüre mit dem Schürloch in Verbindung setzt.

für einen Kamin, dessen Einmündung h_2 (m) und dessen Ausmündung H_2(m) über dem Fussboden des Zimmers liegt, in folgender Weise finden.

Da ($H_2 - h_2$) die Höhe des Kamines ist und ($s_a - s_k$) die Gewichtsdifferenz zwischen je 1 cbm Aussenluft und Kaminluft, so ist

$$(H_2 - h_2)(s_a - s_k)\frac{kg}{qm}$$

der Ueberdruck, welchen die freie Luft im Niveau der (horizontal gedachten) Einmündung über die Kaminluft besitzt.

Ist ferner h' die Höhenlage der neutralen Zone während der Thätigkeit des Kamines, und denkt man sich die Höhe (h_2) der Einmündungsstelle höher als h', so ist, wenn s_i die Dichtigkeit der Innenluft bezeichnet,

$$(h_2 - h')(s_a - s_i)$$

der Ueberdruck, den die Zimmerluft im Niveau der Einmündung über die freie Luft besitzt.

Der Ueberdruck U der Zimmerluft über die Kaminluft ist demnach:

$$U = (H_2 - h_2)(s_a - s_k) + (h_2 - h')(s_a - s_i).$$

Der erste Summand stellt die Zugkraft des Kamins dar für den Fall, dass seine Einmündung im Freien läge, oder, was dasselbe ist, in der Ebene der neutralen Zone ($h_2 = h'$). Der zweite Summand giebt die Vermehrung, welche die Zugkraft durch die Erhebung der Einmündung über (h') die neutrale Zone des Zimmers erfährt. Ist $h_2 < h'$, d. h. liegt die Einmündung unterhalb der neutralen Zone, so tritt eine entsprechende Verminderung der Zugkraft ein.

§ 48. *Zugkraft des ungeheizten Abluftkamins.*

In der Technik pflegt man für Kamine, die nicht gerade in der Aussenmauer des Gebäudes angebracht sind, anzunehmen, dass sich die abziehende Zimmerluft in ihnen nicht wesentlich abkühlt, was ich für die Abzüge des Realgymnasiums Augsburg, die in den Speicherraum ausmünden, bestätigt gefunden habe.

Setzt man demgemäss $s_k = s_i$, so erhält man für die Zugkraft des Kamines den weit einfacheren Ausdruck

$$U = (H_2 - h')(s_a - s_i) = (H_2 - h')F,$$

aus welchem sich die Lage der Einmündung vollständig eliminirt hat, während die Lage der neutralen Zone eine Rolle spielt.

Es ist somit die Zugkraft eines nicht besonders geheizten, aber in einer Innenwand des Gebäudes aufsteigenden Kamines so zu bemessen, als wenn er eine Luftsäule von Zimmertemperatur enthielte und von der

derzeitigen neutralen Zone des Zimmers bis zur Ausmündung reichte. Die Lage der Einmündungsstelle ist für die Zugkraft gleichgültig und kann somit der Forderung der Wärmeökonomie völlig angepasst werden.

Mit der Aufstellung und Begründung dieses Gesetzes ist die Frage nach der Zugkraft eines Abluftkamines deshalb nicht erledigt, weil die Höhe h' der neutralen Zone und die Luftmenge m, welche durch den Kamin abgeht, nicht unabhängig von einander sind.

Es sind somit hier noch analoge Erwägungen anzustellen, wie sie früher (S. 659 ff.) zu einem Ausdruck für die Leistung eines Zuluftkanales geführt haben. Solche sollen mit Rücksicht auf die grosse Verbreitung isolirter Abzüge, sowie zur Begründung des über sie ausgesprochenen abfälligen Urtheils zunächst auf den einseitigen, d. h. nicht durch einen Zuluftkanal unterstützten Abzug bezogen werden.

§ 49. *Der ungeheizte Abzugskamin als einzige Lüftungsvorrichtung. Quantitatives.*

Eröffnet man in einem bisher auf capillare Luftkanäle angewiesenen Zimmer einen Abzug, durch welchen die Luftmenge m entweicht, so ändert sich überall der Ventilationsdruck um die gleiche Grösse δ, welche mit der Luftmenge m und dem Lüftungsvermögen L des Zimmers in der Beziehung

$$m = \delta L \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1$$

steht. Betrachtet man insbesondere die Stelle, an welcher früher die neutrale Zone lag (h Meter über dem Boden), also der Ventilationsdruck Null war, so tritt jetzt, nachdem die neutrale Zone in die grössere Höhe h' gerückt ist, in h der einwärts gerichtete Druck δ auf, und es ist

$$\delta = (h' - h) F \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2$$

Substituirt man diesen Werth von δ in (1, so erhält man eine Gleichung, durch welche h' mit der Luftmenge m in Beziehung gebracht wird. Es ergiebt sich

$$h' = h + \frac{m}{LF} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3$$

Setzt man diesen Werth von h' in den Ausdruck U für die Zugkraft des Kamines ein (§ 48), so wird

$$U = \left(H_2 - h - \frac{m}{LF}\right) F$$

oder

$$U = (H_2 - h) F - \frac{m}{L} \quad . \quad . \quad (4$$

Es lässt sich nun ebenso, wie S. 660 für M, so hier für m ein von der Kraft U abhängiger Werth angeben, nämlich

$$m = \frac{3600}{1,293} q_2 \sqrt{\frac{2 g s_i U}{1 + \varphi_2}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (5$$

wobei q_2 den Querschnitt, φ_2 den Widerstandsfactor des Abluftkamines bezeichnet.

Man kann nun U aus (4 und (5 eliminiren und erhält dadurch eine quadratische Gleichung für m, welche mit $\frac{3600}{1,293} q_2 = Q_2$ ergiebt:

$$m = \frac{Q_2^2 g s_i}{(1 + \varphi_2) L} \left[-1 + \sqrt{1 + 2 (H_2 - h) F \frac{(1 + \varphi_2) L^2}{Q_2^2 g s_i}} \right] \; . \; . \; . \; . \quad (6$$

Für die Entwickelung der Wurzel liegen hier die Verhältnisse nicht ebenso günstig wie bei den Zuluftkanälen, da bei einiger Höhe des Kamins sowohl $(H_2 - h) F$ den dortigen Werth von p_0 übertreffen, als auch $\frac{L}{Q_2}$ bei engen, den Rauchkaminen ungefähr gleich weiten Abzügen den Werth 1 übersteigen kann. Man hat also zu untersuchen, ob das zweite Glied unter $\sqrt{}$ erheblich kleiner als 1 ist, ehe man sich der aus der Entwickelung der Wurzel kommenden Vereinfachung bedient.

Ist diese zulässig, dann wird annähernd

$$m = (H_2 - h) F L \; . \; . \; . \; . \quad (7$$

Führt man die Rechnung durch, indem man annimmt

$$q_2 = 0,04 \;\; (20 \times 20 \text{ qcm})$$
$$g = 9,81 \text{ m}$$
$$s_i = 1,205 \;\; (20^\circ \text{ C. } 760 \text{ mm Bar.})$$
$$\varphi_2 = 2,14 \;\; (\text{vgl. unten S. } 684)$$
$$L = 345 \frac{\text{cbm}}{\text{Stunde}}$$
$$H_2 = 4 \text{ m}$$
$$h = 1,8 \text{ m}$$
$$F = 0,112 \frac{\text{kg}}{\text{qm}}$$

(also die gleichen Verhältnisse, wie sie bei dem einseitigen Zuluftkanal zu Grunde gelegt wurden, aber nur den halben Querschnitt): so ergiebt sich nach der vollständigen Formel (6 — die abgekürzte (7 ist hier nicht zulässig —

$$m = 68,0 \frac{\text{cbm}}{\text{Stunde}}$$

als Leistung des ungeheizten Abzugs von 4 m Höhe.

Die entsprechende Höhe h' der neutralen Zone ergiebt sich aus Gleichung (3

$$h' = h + \frac{m}{LF}$$

zu 3,56 m.

Da das Zimmer nur 3,6 m hoch ist, folgt, dass durch den einseitigen Abzug beinahe die ganze aufrechte Wand unter Ueberdruck von aussen nach innen versetzt wird und demnach ein reichlicher Strom kalter Luft (eben jene 68 cbm) durch die capillaren Wege eindringt. Die Uebelstände des natürlichen Luftwechsels — kalter Zug und Zudrang unreiner Luft — werden somit durch den einseitigen Abzug vergrössert, während sie durch den quantitativ gleichwerthigen Zuluftkanal zurückgedrängt oder gänzlich beseitigt werden.

§ 50. *Der ungeheizte Abzugskamin in Verbindung mit dem Frischluftkanal. Verhältniss der Querschnitte bei zugfreier Lüftung.*

Diese Vorrichtung, deren Betrieb keine Kosten verursacht, kann bei richtiger Anlage, insbesondere nicht allzu karger Bemessung der Querschnitte, allen Anforderungen genügen, welche das Familienhaus an eine rationelle Zimmerlüftung stellt.

Die Begründung dieses Urtheils ist nicht schwer zu geben. Die grössten Ansprüche von allen Zimmern des Wohnhauses macht offenbar das Schlafzimmer, weil man annehmen muss, dass die Lüftung desselben für dauernden Aufenthalt von zwei Erwachsenen und zwei Kindern zu berechnen ist. Es sind demnach stündlich 90 bis 100 cbm frische Luft zuzuführen. Das leistet den Ausführungen in § 43 gemäss ein Zuluftkanal von 0,08 qm Querschnitt in Verbindung mit einer einfachen Abzugsöffnung schon bei einer Temperaturdifferenz von 5° und zwar in der Weise, dass das Eindringen kalter Luft durch die Fensterritzen ausgeschlossen ist. Unterlässt man im Winter unter Tags die bei einem regelmässig gelüfteten Schlafzimmer ganz überflüssige und in Bezug auf die Wärmeökonomie schädliche Lüftung durch Oeffnen und Offenstehenlassen der Fenster und macht vielmehr gegen Abend ein leichtes Feuer in den Kachelofen des Schlafzimmers, dann kann man vollkommen sicher sein, die zur Lüftung nöthige Temperaturdifferenz die ganze Nacht hindurch zu haben.

Auch in Sommernächten sinkt die Temperatur rascher im Freien als in einem besetzten Schlafzimmer, und es wird wenige schwüle Nächte geben, in welchen die Lüftungsanlage nicht ihre volle Schuldigkeit thut.

Man darf somit nur mit Beibehaltung des beschriebenen Zuluftkanales den Querschnitt des Abluftkamines so bemessen, dass dessen Leistung der des Fensterschiebers gleichkommt, dann erhält man eine zugfreie Lüftung von ausreichender Stärke, welche in Bezug auf Wärmeökonomie dem auf den Fensterschieber berechneten Systeme vorzuziehen ist. Zur Berechnung des Querschnittes, den der ungeheizte Abzugskamin haben muss, damit der Frischluftkanal das Maximum zugfreier Lüftung giebt, dient Folgendes.

Man fixirt die Höhe der neutralen Zone h' (wie oben etwa auf 0,8 m) und die Höhe der Mündung des Zuluftkanales h_0 (bisher als Null angenommen) und gesellt zu der Gleichung (5 (S. 680), in welcher man U durch seinen (nun bestimmten) Werth $(H_2 - h')\,F$ ersetzt, nämlich

$$m = \frac{3600}{1{,}293}\, q_2 \sqrt{\frac{2g\, s_i\, (H_2 - h')\, F}{1 + \varphi_2}}$$

noch die Gleichung für die Zuluft M, nämlich:

$$M = \frac{3600}{1{,}293}\, q_0 \sqrt{\frac{2g\, s_a\, (h' - h_0)\, F}{1 + \varphi_0}}$$

und erhält durch Division beider einen Werth für das Verhältniss der Querschnitte $(q_2 : q_0)$, nämlich

$$\frac{q_2}{q_0} = \frac{m}{M} \sqrt{\frac{h' - h_0}{H_2 - h'} \cdot \frac{s_a}{s_i} \cdot \frac{1 + \varphi_2}{1 + \varphi_0}},$$

der von den Temperaturen insofern beeinflusst erscheint, als die Dichtigkeiten s_a und s_i von denselben abhängen.

Dazu kommt noch die Gleichung

$$m = M - (h - h')\, FL\,,$$

durch welche die gegenseitige Abhängigkeit der Luftmengen M und m gegeben ist.

Substituirt man diesen Werth von m in den Ausdruck für das Verhältniss der Querschnitte, so zerlegt sich dieser in zwei Glieder:

$$\frac{q_2}{q_0} = \sqrt{\frac{h' - h_0}{H_2 - h'} \cdot \frac{s_a}{s_i} \cdot \frac{1 + \varphi_2}{1 + \varphi_0}} - \frac{(h - h')\, FL}{M} \sqrt{\frac{h' - h_0}{H_2 - h'} \cdot \frac{s_a}{s_i} \cdot \frac{1 + \varphi_2}{1 + \varphi_0}}$$

von welchen das erste ganz unabhängig von den Dimensionen und Durchlässigkeiten des Zimmers ist und auch von den Temperaturen nur sehr wenig beeinflusst wird, während sich das zweite Glied durch die Grössen L, h den Besonderheiten des Zimmers und durch

F, M den Temperaturen und der Leistung des Frischluftkanales anpasst. Seine Grösse kann bei höheren Temperaturdifferenzen etwa auf $^1/_6$ des ersten Gliedes veranschlagt werden, nimmt aber mit der Temperaturdifferenz selbst bis Null ab.

Wird, wie stets beabsichtigt, die neutrale Zone durch die Lüftungsanlage tiefer gelegt ($h > h'$), so ist das zweite Glied für sich positiv, und seine Berücksichtigung bringt somit eine Verkleinerung des Verhältnisses $q_2 : q_0$ mit sich.

Verzichtet man auf diesen Vortheil, den man aus dem eigenen Lüftungsvermögen (L) des Zimmers ziehen kann, und berechnet demnach den Kamin ebenso, wie wenn das Zimmer undurchlässig wäre ($L = 0$), so findet man $q_2 : q_0$ etwas grösser, als es nöthig ist, und wird nach Ausführung dieses grösseren Querschnittes durch den Schieber, den man ohnedies vor der Einmündung des Abluftkamines anbringen wird, dafür sorgen können, dass übermässige Wirkungen des Abzuges, die sich durch Auftreten von kaltem Zug äussern könnten, beschränkt werden.

Es wird also jedenfalls der Querschnitt q_2 hinreichend gross, wenn man ihn aus der Gleichung

$$\frac{q_2}{q_0} = \sqrt{\frac{h' - h_0}{H_2 - h'} \cdot \frac{s_a}{s_i} \cdot \frac{1 + \varphi_2}{1 + \varphi_0}}$$

berechnet, in welcher h_0 die Höhe der Zuluftkanalmündung, h' die gewünschte (zugfreie) Höhe der neutralen Zone und endlich H_2 die Höhe der Kaminausmündung über dem Fussboden des Zimmers bedeutet.

Man kann noch eine weitere Vereinfachung einführen, durch welche das Verhältniss $q_2 : q_0$ nur wenig, aber ebenfalls im Sinne einer Vergrösserung beeinflusst wird. Diese besteht darin, dass man für $\frac{s_a}{s_i}$ einen constanten Werth und zwar 1,14 einsetzt, welcher den Temperaturen -20^0 und $+20^0$ entspricht. Dann ist

$$\frac{q_2}{q_0} = \sqrt{1{,}14 \; \frac{h' - h_0}{H_2 - h'} \cdot \frac{1 + \varphi_2}{1 + \varphi_0}}$$

der Ausdruck für das Verhältniss, in welchem der Querschnitt q_2 des ungeheizten Abluftkamines zu dem Querschnitt q_0 des Frischluftkanales stehen muss, damit die neutrale Zone in der Höhe h' liege. Dabei sind die Höhen h_0 der Einmündung des Frischluftkanals, H_2 der Ausmündung des Abluftkamins vom Fussboden des Zimmers aus gerechnet. φ_2 und φ_0 stellen die Widerstandsfactoren der beiden Kanäle vor.

Es ist zweckmässig, noch ein Wort über den wahrscheinlichen Werth des Widerstandsfactors φ_2 zu sagen.

Ist die Einmündung des Kamins wie gewöhnlich vertical, so wird man den Widerstand eines Kniees mit 1,5 in Rechnung zu bringen haben, hingegen kann der Contractionscoefficient wegfallen wenn man die Einmündung $1\frac{1}{2}$ mal so gross macht, als den Querschnitt q_2. Der Reibungscoefficient der Längeneinheit ist allerdings von dem Querschnitt des Kamines abhängig, kann aber hier annähernd fest zu 0,16 angenommen werden.

Somit ist

$$\varphi_2 = 1,5 + 0,16\, H_k,$$

wobei $H_k < H_2$ die wirkliche Höhenausdehnung des Kamins bedeutet. Man vergrössert somit wiederum q_2 etwas, vereinfacht aber die Betrachtung, wenn man, um keine neue Länge einzuführen, $H_k = H_2$ setzt.

Somit kann, abgesehen von Schleifungen und Widerständen an der Ausmündung, $\varphi_2 = 1,5 + 0,16\, H_2$ angenommen werden.

Beispiel. Setzt man wie früher $h_0 = o$, $h_1 = 0,8$ m, nimmt die Höhe H_2 der Kaminausmündung über dem Fussboden zu 4 m an, und berechnet $\varphi_0 = 1,77$ und $\varphi_2 = 2,14$, so folgt

$$\frac{q_2}{q_0} = 0,57$$

d. h. es genügt unter den angenommenen Verhältnissen jedenfalls, dass der Querschnitt des Kamines 0,57 vom Querschnitt des Zuluftkanales gemacht wird.

[Die genauere Rechnung führt bei 25° Temperaturdifferenz [20° — (— 5°)] bei dem als Beispiel durchgeführten Zimmer ($L = 345$, $h = 1,8$) auf $q_2 = 0,5\, q_0$, wenn q_0 den Werth 0,08 hat und demnach $M = 196$ cbm ist.]

Umgekehrt wird bei gegebenem Abluftkamin dieser nur dann vollständig ausgenützt, wenn der entsprechende Zuluftkanal mindestens die Weite

$$q_0 = \frac{1}{0,57} \text{ oder } 1,75\, q_2,$$

besser aber die Weite $2q_2$ hat.

Denkt man sich die Weite des Zuluftkanales auf 0,08 qm beschränkt, so bemerkt man, dass für den ungeheizten Abluftkamin eine Weite von 0,04 qm (z. B. 20 X 20 cm), also die Weite unserer gewöhnlichen Rauchkamine genügt. Denn erstlich wird die Höhe des Kamins in der Regel die im Beispiel angenommene von 4 m übertreffen. Zweitens kann man den Abzug an den Rauchkamin

anbauen und ihm auf diese Weise kostenlos durch die Wärme, welche durch die Scheidewand sickert, eine etwas grössere Zugkraft verschaffen.

Andererseits wäre es aber nicht rathsam, den Abluftkamin in oder an die Aussenmauer zu bauen, seinen Querschnitt kleiner als 0,04 qm zu machen oder seine Ausmündung mit Vorrichtungen (Schornsteinaufsätzen irgend welcher Art) zu versehen, welche angeblich die Zugkraft steigern sollen, thatsächlich aber Alles leisten, was sie können, wenn sie nicht geradezu als Hemmungen des Luftstromes wirken. Jeder Kamin, ob Rauch- oder Abluftkanal, muss über den First des Hauses emporragen, wenn er nicht ab und zu unter den Einfluss von Druckluft gerathen soll, die sich bei Windstössen über dem Dache bildet und unter allen Umständen (mit und ohne irgend welchen Schornsteinaufsatz) einen Rückstoss im Kamin verursacht. Die Annahme, dass man solchen Rückstössen durch eine besondere Construction der Ausmündung vorbeugen könne, widerspricht nicht nur der Theorie, sondern auch der wissenschaftlichen Erfahrung, die durch vorstehende Versuche gewonnen worden ist.

Auch ein über den First des Hauses hinausragender Kamin kann unter Winddruck kommen, wenn das Haus von einer Wand des Nachbarhauses überhöht ist. Auch in diesem Falle hilft kein Aufsatz, sondern nur die Verlängerung des Kamins. Hat der Kamin die richtige Höhe (man nimmt 1 Meter über First an), dann kann die Frage nach einem passenden Abschluss aufgeworfen werden, der etwa Niederschläge oder auch Windstösse abhalten soll, die von oben kommen. Eine der Ausmündung parallele Platte, welche, in ca. 30 cm Entfernung symmetrisch angebracht, nach Länge und Breite doppelt so gross ist wie die Ausmündung selbst, dürfte allen Anforderungen genügen.

Damit ist die Aufgabe gelöst, nachzuweisen, wie man sich für ein Zimmer der Privatwohnung eine Lüftungsanlage herstellen kann, welche allgemein im Winter und in den Sommernächten einen ausreichenden Luftwechsel giebt, ohne andere Betriebskosten zu verursachen, als etwa die zur Erwärmung der frischen Luft erforderlichen (vgl. S. 517).

Diese Lüftung bringt nicht nur selbst keine Belästigung mit sich, sondern beseitigt auch den kalten Zug, welcher bei der natürlichen Ventilation durch den unteren Theil der Fenster eindringt, und vermindert den Zug durch den unteren Theil der Thüren.

§ 51. *Centrallüftung.* [1])

Will man jedes Zimmer einer Wohnung oder alle Wohnungen eines Hauses mit einer Lüftungsanlage versehen, dann wird man wohl die Zuluft nicht mehr durch einzelne Kanäle aus dem Freien einführen, sondern (am besten im Souterrain des Hauses) einen Hauptkanal von grösserem Querschnitte anlegen, der von einer Stelle im Freien, wo mit einiger Sicherheit gute Luft erwartet werden darf, ausgeht und unterhalb der Corridore des Erdgeschosses verläuft. Aus diesem Hauptkanal (der sich je nach Bedürfniss auch horizontal verzweigen kann) steigen die zu den einzelnen Zimmern der verschiedenen Stockwerke führenden Zuluftwände senkrecht entweder in oder an den inneren Hauptmauern auf und münden so hinter dem Ofen, dass die ausströmende Luft aufwärts gerichtete Geschwindigkeit erhält.

Ueber die Ausführung dieses Zuluftsystems soll hier Folgendes gesagt werden.

Liegt die äussere Einmündung des Hauptkanals in einer aufrechten Wand, an welcher der Wind vorbeistreichen kann, so muss sie gegen die saugende Wirkung desselben durch einen Windfang geschützt sein, der nach dem S. 656 angegebenen Princip in irgend einer den localen Verhältnissen entsprechenden Weise ausgeführt ist. Liegt aber die Einmündung horizontal, etwa in einem Garten nur wenig über das Terrain erhöht, so bedarf es keines Windfanges, weil der Wind am bewachsenen Erdboden keine erhebliche Geschwindigkeit besitzt.

Der Hauptkanal selbst soll innen vollkommen glatt sein, weil sich zwischen vorhandenen Rauhigkeiten Staub u. s. w. einsetzt, der schwer zu entfernen ist. Auch ist zu empfehlen, den Kanal leicht zugänglich und schliefbar zu machen, damit er von Zeit zu Zeit gereinigt werden kann. Hingegen wird man bei Lüftung durch Temperaturdifferenzen auf ein besonderes Staubfilter verzichten müssen, weil sein Widerstand den Auftrieb der Luft allzu sehr vermindern würde.

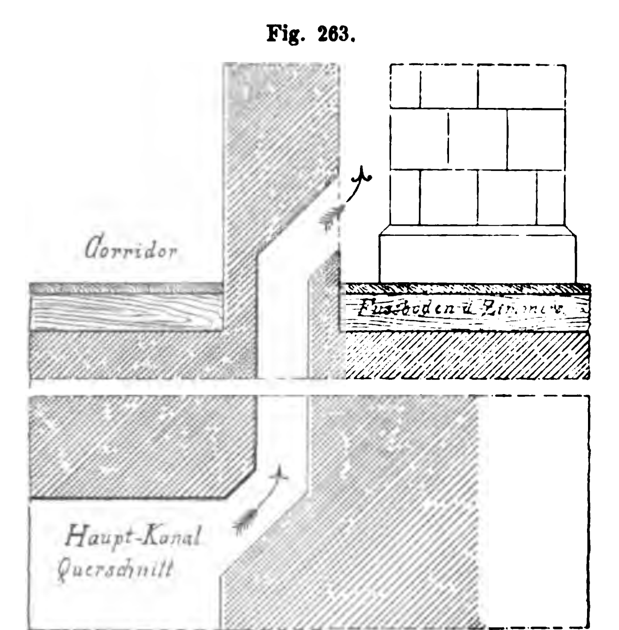
Die Uebergangsstellen aus dem Hauptkanale in die aufsteigenden Zweigkanäle sollen abgerundet und in den Zweigkanälen selbst scharfe rechtwinklige Biegungen möglichst vermieden sein. Darum ist es vortheilhaft, die obere Grenzfläche des Mündungsstückes nicht horizontal abzuschneiden. Dann wird sie der ausströmenden Luft als

[1]) In Bezug auf Berechnung und Ausführung solcher Anlagen siehe das oben citirte Buch von H. Rietschel, Leitfaden zum Berechnen und Entwerfen von Lüftungs- und Heizungs-Anlagen. Berlin, J. Springer. 1893.

Leitfläche dienen und dieselbe schräg aufwärts gegen die hintere Wand des Ofens führen (Fig. 263).

Findet in allen senkrechten Zuluftkanälen die gleiche Geschwindigkeit statt, dann kann der Querschnitt des Hauptkanals auf der Strecke zwischen der freien Einmündung und dem ersten Zweigkanal gleich der Summe der Querschnitte der Zweigkanäle sein, und die Geschwindigkeit der Luft im Hauptkanale ist dann zunächst der in den Zweigkanälen gleich. Da diese Geschwindigkeit sich aber in der Richtung der Kanalaxe ausbildet und bei durchaus gleicher

Fig. 263.



Weite des Hauptkanals gegen das Ende desselben abnimmt, so würden nicht alle Zweigkanäle von Seite des Hauptkanales gleich begünstigt sein. Deshalb sorgt man noch durch passend angebrachte Schieber, welche bei Montirung der Anlage ein für allemal festgestellt werden, für die gewünschte Vertheilung der Zuluft.

Die Abluftkamine erleiden infolge dieser Centralisirung der Zuluft keine Veränderung. Das Beste ist immer, jeden Abluftkamin für sich über First zu führen. Das Zusammenschleifen desselben in einen weiten Schlot bringt Widerstände herein und hat im Sommer einigermaassen das gleiche Bedenken einer Communication der Abzüge gegen sich wie das Einmünden

derselben in den Speicherraum; denn an heissen Sommertagen ist das Haus kühler als die umgebende Luft, und folglich geht dann, wie durch das ganze Haus, so auch durch den offenen Abzugskamin ein Luftstrom von oben nach unten. Hat man nun versäumt, den Kamin, der in der Nacht seine Bestimmung als Abzug erfüllte, zu schliessen, so erhält man am Tage Speicherluft in das Zimmer, die sowohl durch ihre hohe Temperatur als durch ihren Geruch lästig werden kann, insbesondere wenn ein Nachbar oder anderer Hausbewohner den klugen Einfall hatte, durch Heizen seines Abzugs die kühle Gartenluft zu sich hereinzuziehen.

§ 52. *Mittel, durch welche man den Luftwechsel einer gegebenen Lüftungsanlage steigern kann.*

Wird das Lüftungsbedürfniss grösser, als dass es durch den kalten Frischluftkanal und den durch die Abluft selbst auf Zimmertemperatur erwärmten Abzug befriedigt werden könnte, dann stehen vier Mittel zu Gebote, die Wirksamkeit der Anlage zu steigern:

1) Heizen des Abluftkamins,

2) Vorwärmen der Zuluft,

3) Einblasen von Luft in die Frischluftkanäle durch einen im Hauptkanal aufgestellten Ventilator,

4) Absaugen der Luft durch einen im Sammelkanal der Abluftkanäle aufgestellten Ventilator.

Diese vier Mittel sollen noch einer kurzen Besprechung unterzogen werden.

1) Das Heizen des Abluftkamines ist in Wohnungen, in welchen Gas eingeführt ist, ein bequemes Mittel, den Luftwechsel zu steigern. Zunächst wird dadurch die Zugkraft des Kamines vergrössert und zwar — da die Zugkraft unter sonst gleichen Umständen der Höhe der erwärmten Luftsäule proportional ist — um so mehr, je tiefer die Wärmequelle (z. B. eine Gasflamme) angebracht ist. Dann setzt sich die abziehende Luftmenge mit der Zuluft ins Gleichgewicht und zwar im warmen Zimmer nothwendig in der Weise, dass die neutrale Zone steigt. Dadurch wird die Kraft vergrössert, welche die äussere Luft durch den Frischluftkanal hereintreibt, hingegen die Zugkraft des Kamines etwas vermindert. Der Ausgleich ist hergestellt, wenn durch den Kamin und die oberhalb der neuen neutralen Zone (h″) liegenden capillaren Kanäle ebensoviel Luft entweicht, als gleichzeitig durch den Frischluftkanal und die unterhalb der neutralen Zone liegenden Capillaren eindringt.

Heizt man den Abzug der früher als Beispiel behandelten Anlage, welche bei ungeheiztem Abzuge und $t_a = -5^\circ$, $t_i = +20^\circ$ 196 cbm Luftwechsel gab, von 20° auf 40°, so steigert man den Luftwechsel um ungefähr 60 cbm. Dabei steigt die neutrale Zone aus der Höhe von 0,8 m in $h'' = 1{,}4$ m, also über die Fensterbrüstung, und der Vortheil der völlig zugfreien Lüftung wäre somit im Winter darangegeben.

2. Das Vorwärmen der Zuluft kann in einer Heizkammer geschehen, welche in den vorderen Theil des Hauptkanales eingeschaltet ist. Bei der Luftheizung, wo der Lüftungsstrom zugleich alle Wärme zuführen soll, welche das Zimmer an seine Umgebung verliert, tritt die Luft über Zimmertemperatur vorgewärmt in das Zimmer ein; ist hingegen — was vorzuziehen ist — die Lüftung unabhängig von der Heizung, so dass letztere durch besondere im Zimmer aufgestellte Heizkörper erfolgt, dann beschränkt man die Temperatur der Zuluft auf 15 bis 20° C. Man führt sie weder hinter dem Ofen noch nahe am Fussboden ein, vielmehr gestattet der Auftrieb, den die warmen Luftsäulen von Seite der durch den Hauptkanal einwirkenden Aussenluft erfahren, die Einmündungen ziemlich hoch, etwa 2—2,5 m über dem Fussboden anzubringen, und die hohe Temperatur der Zuluft, welche ihre directe Berührung mit dem menschlichen Körper unbedenklich erscheinen lässt, macht zugleich für ihre Geschwindigkeit diejenige Richtung möglich, welche der Mischung mit der Zimmerluft am günstigsten ist. Als solche wird die horizontale angenommen; übrigens dürfte die Frage der günstigsten Höhe und Richtung des vorgewärmten Zuluftstromes kaum allgemein zu beantworten sein, sondern je nach dem Zwecke, welchem das Zimmer dienen soll, verschieden ausfallen.

Die Vergrösserung, welche der Luftwechsel durch Vorwärmen der Zuluft erfährt, kann sehr erheblich sein, besonders in den oberen Stockwerken, in welche die verticalen Zweigkanäle aus dem Hauptkanale des Souterrains aufsteigen. Es können demgemäss bei vorgeschriebener Grösse des Luftwechsels die Querschnitte dieser Kanäle kleiner berechnet werden, als für die unteren Geschosse.

3. Will man sich unabhängig machen von Temperaturverhältnissen und zugleich versichert sein, dass man nur frische Luft, so rein sie in der Umgebung des Hauses zu haben ist, der Wohnung zuführt, so bedient man sich der reinen Pulsion.

Diese besteht darin, dass man in dem Hauptkanale zwischen Einmündung und Heizkammer einen Ventilator anbringt, der den ganzen Querschnitt ausfüllt und, durch irgend eine mechanische Kraft

betrieben, Luft aus dem Freien ansaugt, um sie andererseits in das System der Zuluftkanäle hineinzupressen.

In der Regel bedient man sich hierzu der Schraubenventilatoren, d. h. Räder, deren Schaufeln Schraubenflächen sein sollen, die sich symmetrisch um die als Schraubenaxe gedachte Radaxe stellen und durch ihre mechanische Drehung die Luft im entgegengesetzten Sinne bewegen, in welchem die freie Schraube selbst durch diese Drehung in einem widerstehenden Mittel fortschreiten würde.

Der aus der Luftschraube austretende Strom besitzt nicht eine über den Querschnitt gleichmässig vertheilte Geschwindigkeit, vielmehr eilen die äusseren Schichten über die inneren vor. Dieser Umstand kann, besonders wenn grössere Widerstände zu überwinden sind, so lästig werden, dass man es vorzieht, die inneren Theile zu bedecken und nur durch den äusseren Ring zu wirken.

Die Firmen, welche Ventilatoren verkaufen, pflegen in den Preiscourranten die Luftmengen anzugeben, welche der Ventilator bei widerstandsfreier Zu- und Ableitung fördert, wenn man eine bestimmte Tourenzahl einhält. Ist dazu der freie, d. h. für Luft passirbare Querschnitt des Ventilators gegeben, so kann man die Geschwindigkeit (v) des aus der Ventilatoröffnung austretenden Luftstromes berechnen und erhält dann die per Quadratmeter dieser Oeffnung Q zur Verfügung stehende Druckkraft P, wenn man $\frac{v^2 s}{2g}$ bildet. Es wird dann die im Kanalquerschnitt, solange dieser nicht grösser als Q ist, auftretende Geschwindigkeit v_1 in der bekannten Weise erhalten, dass man $P = \frac{v_1^2 s}{2g}(1 + \varphi)$ setzt und unter φ die Summe der Widerstandsfactoren versteht. Im Uebrigen ist die Geschwindigkeit v der Tourenzahl des Ventilators innerhalb weiter Grenzen proportional.

Als Motor für den Betrieb des Ventilators wird man verwenden, was man am bequemsten zur Hand hat. Es könnte sein, dass hierzu eine ohnedies vorhandene Dampfmaschine, Gaskraftmaschine oder ein Elektromotor verwendbar ist. Wo nicht, dann ist ein Wassermotor, der sich an die städtische Hochdruckleitung anschliesst, am meisten zu empfehlen. Die Kosten dieses Betriebes dürften nach meinen Erfahrungen den 35. Theil vom Preise eines Cubikmeters Wasser pro Stunde und 100 cbm Luft nicht überschreiten.

Es soll hier noch eines anderen Mittels gedacht werden, durch welches man zugleich den Ventilator und seinen Motor ersetzen kann. Das ist comprimirte Luft (Druckluft), welche man durch conische

Düsen von 1 bis 3 mm Weite der Oeffnung in der Richtung, in welcher man den Luftstrom wünscht, frei ausströmen lässt. Die mit grosser Geschwindigkeit (bis zu 500 m) ausströmende Druckluft setzt meinen im RIEDINGER'schen Laboratorium zu Augsburg ausgeführten Versuchen gemäss die umgebende Luft so in Bewegung, dass die Bewegungsgrösse (Masse $\times$ Geschwindigkeit) erhalten bleibt.

Beispiel. Strömt aus einer Düse von 2 mm Weite die Druckluft mit 300 m Geschwindigkeit aus, so hat man secundlich $(0{,}001)^2\pi \,.\, 300$ oder 0,00094 cbm Luft von 300 m Geschwindigkeit, also eine Bewegungsgrösse von 300.0,00094 oder 0,282 (m.cbm).

Soll sich andererseits die Luft durch den Kanalquerschnitt Q mit vm Geschwindigkeit bewegen, so muss in jeder Secunde der Luftmenge Qv (cbm) die Geschwindigkeit v vertheilt werden, so dass die Bewegungsgrösse Qv^2 entsteht. Man hat somit die Gleichung

$$Qv^2 = 0{,}282.$$

Ist $Q = 0{,}25$ qm (50×50 qcm), so folgt

$$v^2 = 1{,}128$$
$$v = 1{,}064 \text{ m}$$

als Geschwindigkeit im Kanal.

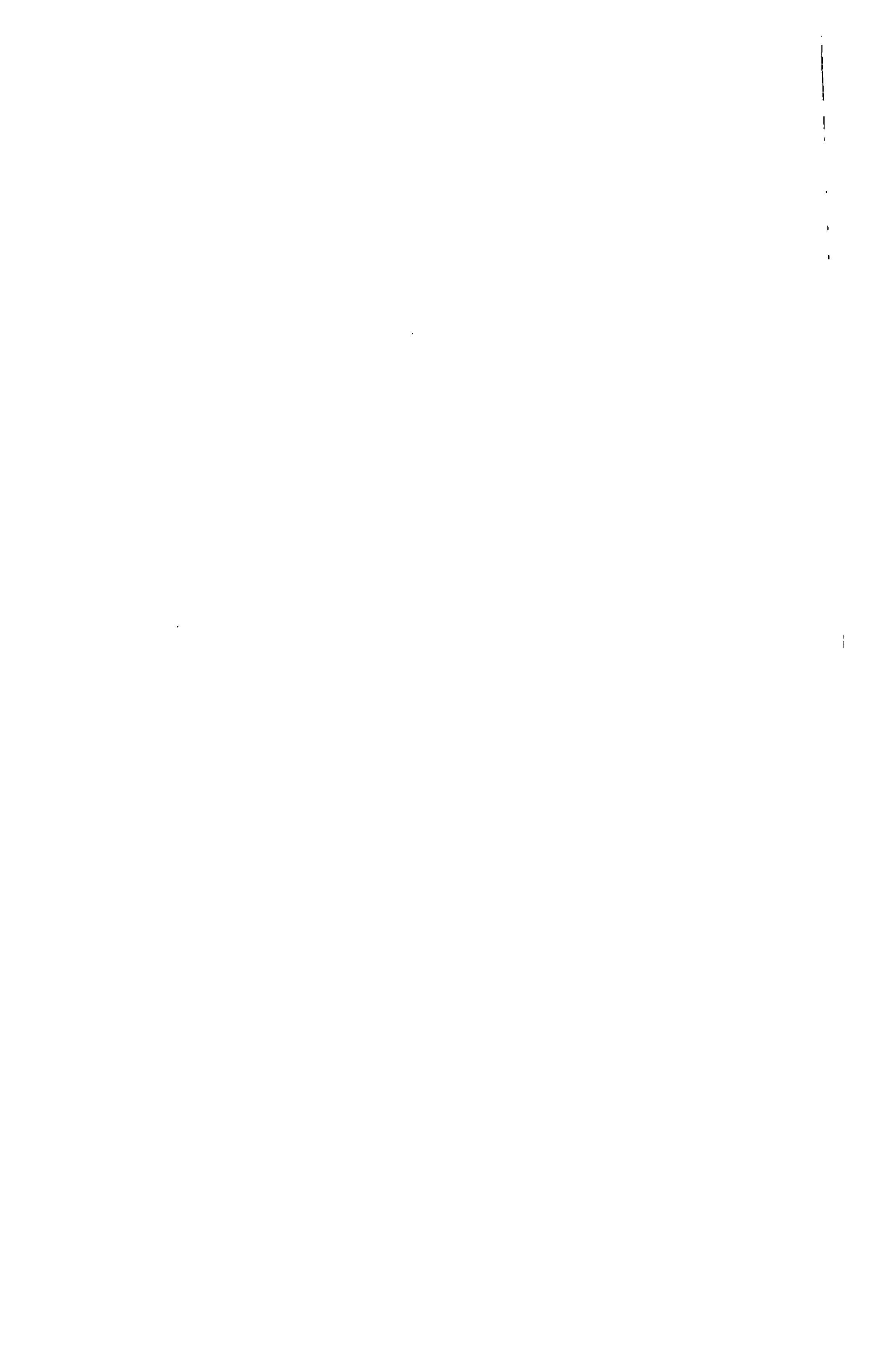
Man fördert somit durch einen stündlichen Aufwand von 0,00094. 3600 oder **3,38 cbm** (auf Atmosphärendruck reducirter) Druckluft 1,064 . 0,25 . 3600 oder **958 cbm** atmosphärische Luft, wenn von Widerständen abgesehen wird. Auf die von den Widerständen geschwächte Geschwindigkeit wird ebenso übergegangen, wie oben bei dem Ventilator angedeutet.

Es ist finanziell nicht vortheilhaft, mit hochgespannter Druckluft zu arbeiten, ½ bis 1 Atmosphäre Ueberdruck, die man leicht mittelst einer Compressionspumpe herstellen kann, genügen.

4. Die Abluft durch einen Sammelkanal hindurch mittelst Ventilator abzusaugen, ist ein Mittel, welches nur im äussersten Nothfalle angewendet werden sollte, nämlich dann, wenn es absolut nicht anzugehen scheint, die Abluftkamine einzeln über den First zu führen. Man pflegt dann die Kamine auf dem Speicher zusammen in einen weiten Schlauch einzuleiten und diesen irgendwo abwärts dem durch die Nähe des Motors bedingten Standorte eines zweiten Ventilators entgegenzuführen.

Zur Beseitigung dieser Umständlichkeit wäre ein kräftiger Strom von Druckluft am Platze, der durch den Sammelkamin vertical nach oben zum Dache hinaus bläst.

Register.



Druck von J. B. Hirschfeld in Leipzig.

